



汽车先进技术译丛

日本汽车技术协会·汽车技术经典书系

第8分册



汽车人机工程学 技术

[日] 柳濑徹夫 主编
范营营 译



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

汽车先进技术译丛

日本汽车技术协会·汽车技术经典书系

汽车人机工程学技术

[日] 柳濑徹夫 主编
范营营 译



机械工业出版社

本书描述了汽车与人体特性、汽车人机工程评价与测量技术、基于人机工程的新技术和对汽车人机工程基础技术的未来展望。本书在传统的汽车人机技术发展趋势的基础上，融入了感性工程、高龄人群、人机界面等全新视角，努力向人们呈现汽车人机工程的未来蓝图。其研究与实验方法贴近工程实际，非常值得国内技术人员阅读借鉴。

序

本丛书是日本汽车技术协会主编的汽车技术经典书系，书系共 12 册。本系列丛书旨在阐述汽车相关的焦点技术及其将来的发展趋势，由活跃在第一线的研究人员和技术人员编写。

日本汽车技术协会的主要责任是向读者提供最新技术课题所需要的必要信息，为此我们策划了本系列丛书的出版发行。本系列丛书的各分册中，相对于包罗万象的全面涉及，编者更倾向于有所取舍地选择相关内容，并在此主导思想下由各位执笔者自由地发表其主张和见解。因此，本系列丛书传递的将是汽车工程学、技术最前沿的热点话题。

本系列丛书的主题思想是无一遗漏地包含基础且普遍的事项，与本协会的“汽车工学手册”属于对立的两个极端，“汽车工学手册”每十年左右修订一次，以包含当代最新技术为指导思想不断地进行更新，而本系列丛书则侧重于这十年当中的技术进展。再者，本系列丛书的发行正值日本汽车技术协会创立 50 年之际，具有划时代的意义，将会为今后的汽车工学、技术，以及工业的发展发挥积极的作用。

在本系列丛书发行之际，我代表日本汽车技术协会向所有为本系列丛书提供协助的相关人员，以及各位执笔者所做出的努力和贡献表示衷心的感谢。

社团法人 日本汽车技术协会
汽车技术经典书系出版委员会
委员长 池上 询

前言

汽车是与人和社会高度融合且相互影响的具有多元属性的商品。汽车人机工程则是从人的角度看待这种商品，并思考如何开发更加以人为本、易于人的技术。

人机工程的应用将不断深化，进而推动诸如人机工程数据库整备、CAD 领域数据应用等能够应对具体的产品制造技术以及人机工程技术本身的发展，不断寻求新突破。

从所处时期、资源、环境、安全以及老龄化社会等诸多方面来看，种种因素都要求汽车本身发生改变。汽车的使用者同样也会受到上述这些因素的影响，因此在老龄化社会发展过程中，会越来越期待无障碍式的开发制造；或是越来越关注如何才能在个人生活中更加愉快、更加便利地使用汽车；亦或是比起高性能、多功能，越来越重视驾驶难易度和使用方便性等。

汽车人机工程是一门使汽车更加易于人的技术，在飞速发展的时代，人机工程也在逐步改变。比如融入人的感官所体验到的舒适性、愉悦性以及美观的感性工程观点；增加基于高龄人群或有障碍人群的无障碍交通的观点；在引进 ITS 等新的显示、操作系统的同时导入超越以往的人性化界面；采用仿真试验与建立基于仿真数据的驾驶人模型的技术等。归纳总结上述变化，创造出以人为本、易于人的全新的汽车人机工程，现在才仅仅是万里长征的第一步。

本书虽未能详述全部与全新的汽车人机工程技术有关的发展趋势，但是在传统的汽车人机技术发展趋势的基础上，融入了感性工程、高龄人群、人机界面等全新视角，努力向人们呈现汽车人机工程的未来蓝图。

柳濑徹夫

编辑的话

本书是由日本汽车技术协会组织编写的“汽车技术经典书系”的第8分册《自動車の人間工学技術》翻译而来的。本丛书的特点是对汽车设计、测试、模拟、控制、生产等技术的细节描写深入而实用，所有作者均具备汽车开发一线的实际工作经验，尤其适合汽车设计、生产一线的工程师研读并应用于工程实践！本丛书虽然原版出版日期较早，但因为本丛书在编写时集聚了日本国内最优秀的专家，使本丛书具有极高的权威性，是日本汽车工程技术人员必读图书，故多次重印，目前仍然热销。非常希望这套丛书的引进出版能使读者从本丛书的阅读中受益！本丛书由曾在日本丰田公司工作的刘显臣先生推荐，也在此表示感谢！

日本汽车技术协会 汽车技术经典书系 出版委员会

委员长	池上 询	京都大学工学部
副委员长	近森 顺	成蹊大学工学部
委员	安部正人	神奈川工科大学工学部
	井上惠太	丰田汽车
	大沢 洋	日野汽车
	冈 克己	本田技术研究所
	小林敏雄	东京大学生产技术研究所
	城井幸保	三菱汽车
	芹野洋一	丰田汽车
	高波克治	五十铃工程技术有限公司
	迁村钦司	新 ANSYS 有限公司
	農沢隆秀	马自达汽车
	林 直义	本田技术研究所
	原 田宏	防卫大学校
	东出隼机	日产柴油发动机有限公司
	间瀬俊明	日产汽车
	柳瀬徹夫	日产汽车
	山川新二	工学院大学工学部

主 编

柳 濑 徹 夫

日 产 汽 车

参 编

花 井 利 通

日 产 汽 车

田 中 兼 一

日 产 汽 车

木 村 贤 治

丰 田 汽 车

柳 濑 徹 夫

日 产 汽 车

神 藤 富 雄

日 产 汽 车

早 野 阳 子

日 产 汽 车

金 田 雅 之

日 产 汽 车

贵 志 阳 一

日 产 汽 车

吉 本 照 子

千 叶 大 学

黑 须 正 明

静 冈 大 学

神 谷 公 一

三 菱 汽 车

目 录

序

前言

编辑的话

第1章 汽车与人体特性..... 1

1.1 概述 1

1.2 汽车与身体特性..... 1

1.2.1 身体特征 2

1.2.2 假人 3

1.2.3 肌肉负荷 5

1.3 汽车与感官特性..... 8

1.3.1 视觉特性 9

1.3.2 听觉特性 12

1.3.3 振动感觉特性 14

1.3.4 运动感觉特性 15

1.4 汽车与认知特性 16

1.4.1 人类的认知原理 18

1.4.2 认知特性与易用设计 20

1.4.3 认知科学与商品评价 21

1.4.4 认知特性与汽车开发 23

1.4.5 今后的人机界面 25

第2章 评价与测量技术 28

2.1 驾驶的难易度与上下车方便性 28

2.1.1 概述 28

2.1.2 视野与视认性 29

2.1.3 操纵性 37

2.1.4 上下车方便性 41

2.2 室内与内饰的舒适性 44

2.2.1 易用性的评价测量技术 44

2.2.2 舒适性的评价测量技术 46

2.2.3 娱乐性的评价测量技术 54

2.2.4 室内与内饰舒适性评价技术的 未来 57

2.3 感性测量与魅力追求 59

2.3.1 概述 59

2.3.2 感性评价的基础知识 60

2.3.3 感性测量的应用案例 61

2.3.4 汽车领域感性测量方法的现状与 课题 65

第3章 基于人机工程的新技术 68

3.1 降低负荷 68

3.1.1 降低驾驶操作系统的负荷 68

3.1.2 降低座椅的负荷 76

3.1.3 降低人体内部负荷的技术 79

3.2 视觉信息处理系统 81

3.2.1 概述 81

3.2.2 与视野有关的新装备 82

3.2.3 与视认性有关的新装备 85

3.2.4 与驾驶人辅助有关的新装备 88

3.3 车内空气环境控制技术 95

3.3.1 车内空气环境净化技术 95

3.3.2 利用气味的清醒度控制技术 97

3.4 驾驶人监控 98

3.4.1 利用图像识别技术的驾驶人 监控 98

3.4.2 基于生理信息的驾驶人监控 102

3.4.3 关于驾驶操作与车辆动作的 监控 103

第4章 基础技术的未来展望 105

4.1 充实数据库 105

4.1.1 概述 105

4.1.2 人机工程数据库的必要性 105

4.1.3 人机工程数据库的现状 106

4.1.4 作为汽车技术基础的人机工程 数据库 109

4.1.5 人机工程数据库的未来展望 112

4.2 老龄化应对 113

4.2.1 老龄化引起的交通环境变化 113

4.2.2 老年人的身心功能 115



4.2.3 应对老龄化的关键技术	121	4.3.4 可用性的评价技术	128
4.2.4 小结	122	4.3.5 操纵性能的预测模型	130
4.3 信息人机界面技术	123	4.3.6 汽车人机界面的未来	132
4.3.1 汽车的信息化	123	4.4 人体的模型化	132
4.3.2 什么是人机界面	124	4.4.1 心理模型化的要点	134
4.3.3 界面的可用性	127	4.4.2 心理模型案例	139

Translation from Japanese language edition: 自動車の人間工学技術, 自動車技術会編集

Copyright © Originally published in Japan in 1996 by Asakura Publishing Company, Ltd.

Chinese translation rights arranged with Asakura Publishing Company, Ltd. through TOHAN CORPORATION, TOKYO.

All Rights Reserved.

版权所有, 侵权必究。

This title is published in China by China Machine Press with license from Asakura Publishing Company, Ltd. This edition is authorized for sale in China only, excluding Hong Kong SAR, Macao SAR and Taiwan. Unauthorized export of this edition is a violation of the Copyright Act. Violation of this Law is subject to Civil and Criminal Penalties.

本书中文简体版由 Asakura Publishing Company, Ltd. 授权机械工业出版社在中国境内(不包括香港、澳门特别行政区及台湾地区)出版与发行。未经许可之出口, 视为违反著作权法, 将受法律之制裁。

北京市版权局著作权合同登记 图字: 01-2015-0542 号。

图书在版编目(CIP)数据

汽车人机工程学技术 / (日) 柳濑徹夫主编; 范营译. —北京: 机械工业出版社, 2018. 11

(汽车先进技术译丛. 日本汽车技术协会·汽车技术经典书系)

ISBN 978-7-111-61317-6

I. ①汽… II. ①柳… ②范… III. ①汽车工程-工效学 IV. ①U461

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 249941 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 孙 鹏 李 军 责任编辑: 孙 鹏

责任校对: 潘 蕊 封面设计: 鞠 杨

责任印制: 常天培

北京圣夫亚美印刷有限公司印刷

2019 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 9.5 印张 · 229 千字

0 001—3 000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-61317-6

定价: 60.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线: 010-88361066

机工官网: www.cmpbook.com

读者购书热线: 010-68326294

机工官博: weibo.com/cmp1952

010-88379203

金书网: www.golden-book.com

封面无防伪标均为盗版

教育服务网: www.cmpedu.com

第 1 章 汽车与人体特性

1.1 概述

在汽车舒适性中最容易理解的就是用车时作为直接驾驶对象或工具与人机属性的适应性，比如是否好用、顺手等。汽车并不是静止不动的，行驶才是汽车的职责所在。通过使用汽车，制造与家人一起兜风的快乐回忆，这部分是非常重要的元素，也是汽车舒适性不可或缺的因素。还有，自己驾驶的车会不会给社会造成麻烦也是非常重要的因素。老实说，如果忽略掉这部分内容，而在静止状态下触摸汽车是无法谈及舒适性的。

舒适性目标大致可以分成如下四类：

① 汽车主要用于驾驶，因此包含减轻负荷、方便性、愉快性、不易疲劳、可视性好、便于理解等。

② 从感觉上的体验性来看，追求安静、宽敞。

③ 从主观上的适应性来看，可以是具有个性、有特点等，如具有跑车特点。

④ 从精神上的满足感来看，如满足、安稳等。

常见的具体性能有与驾驶直接相关的操纵性、视野视认性，还有导航地图显示以及是否容易理解的信息识别性、座椅舒适性、车门开关性，上下车方便性等。

考虑汽车舒适性设计时，常常被提及的问题就是人体特性是怎样的，与人体特性之间的适应性如何（表 1-1-1）。

换言之，第一是考虑人体功能，减轻负荷，操纵简单方便；第二是降低不快的刺激，感觉上的安稳舒适；第三是综合协调性能所带来的闲适与乐趣。这当中也包含符合整车概念及驾驶人个性的感性诉求。

在这里，将从人机工程的观点介绍身体特性、感官特性、认知特性等相对于车的人机特性，从可用性的角度说明灵活运用汽车和用户特性及人机特性的汽车设计，最后对今后人机特性的关注领域进行介绍。

表 1-1-1 对人体特性的适应性

适应人机特性		典型性能示例	基础研究领域
使用容易性 (useful)	降低基于人体机能的驾驶负荷	· 视野好 · 可轻松操纵 · 易于使用、便于理解的显示操纵系统 · 一定尺寸的座椅 · 乘坐舒适性，落座感觉	医学 生理学 生物力学 心理学 认知工程 人机工程 感官工程 魅力工程
舒适度 (comfort)	降低因感官的适应性所产生的不舒服的刺激	· 空调舒适性 · 音质 · 内饰质感 · 个性（内饰感觉）	
闲适，快乐 (pleasant)	提高感性诉求及魅力性能	· 轻松行驶的性能 · 综合协调照明 · 室内交流（后排座椅的斜对角座椅）	

1.2 汽车与身体特性

从交通工具和身体特性的角度追溯日本历史，在江户时代就出现了轿辇。之所以会出现这种交通工具，除了因为江户町辖区最大只到山手线以内，且道路情况恶劣，下雨后道路泥泞不堪，车轮会陷入泥泞中无法动弹以外，据说还与江户人的体形相关。

江户时代被称为是日本历史上体形最贫弱的时代。根据挖掘出来的大部分人体骨骼推断，当时成人男子的平均身高只有



156cm。普遍认为身高较高的第六代将军家宣才 162cm，平民因营养状况更差，所以也更瘦、更小，因此就出现了古代剧中常见的人坐在狭窄空间、由人抬着的轿辇。

经历过这样的时代以后，随着人类活动范围的不断扩大，道路等环境的不断完善，时至今日交通工具发展到了汽车，而人体尺寸也成了决定汽车基本布置的重要因素。

1.2.1 身体特征

图 1-2-1 ~ 图 1-2-3 表示的是各国身高

及体重的比较和随时间推移的变化，可以看出，为了调查海外市场等所销售地区的人体特征，收集最新的数据至关重要。日本近来非常重视人体尺寸，并进行了许多人体尺寸测量。

另外，根据不同情况，人们需要采取各种各样的姿势。在汽车设计中，不仅要考虑乘员布置、驾驶操纵，还应该注意避免因长期持续不适的姿势而导致疲劳，也需要考虑疲劳恢复或不易疲劳的舒服姿势等生理结构上的问题。

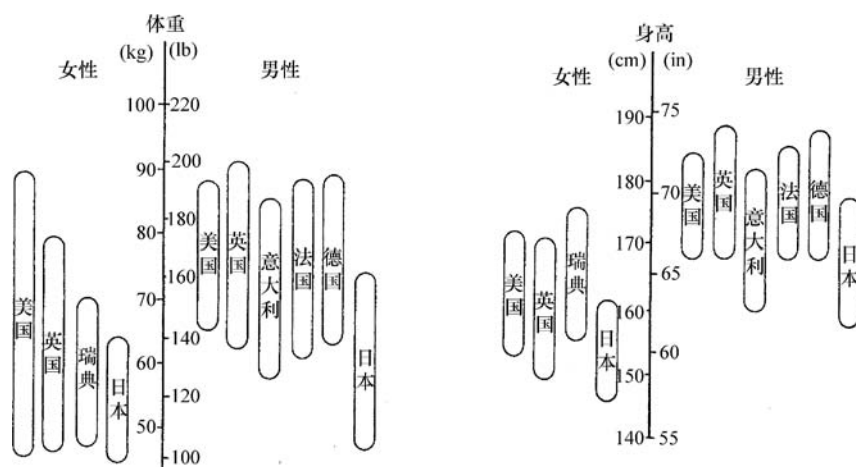


图 1-2-1 具有代表性的国家的身高和体重 (5 ~ 95 百分位值)

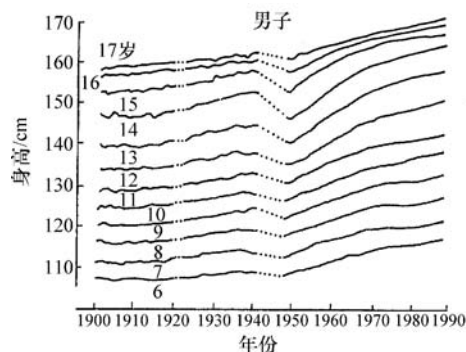


图 1-2-2 青少年身高随时间的变化 (男)

图 1-2-4 表示的是具有代表性的姿势类型。图 1-2-5 和图 1-2-6 表示的是不同姿势

下人体脊柱的弯曲变化和因姿势变化所导致的椎间盘内部压力的变化。如此这般，考虑人体特性所带来的姿势要求，进行人员布置设计变得越来越重要。

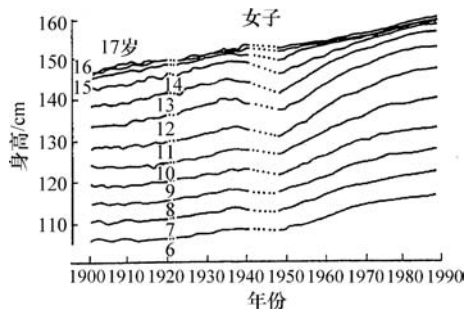


图 1-2-3 青少年身高随时间的变化 (女)

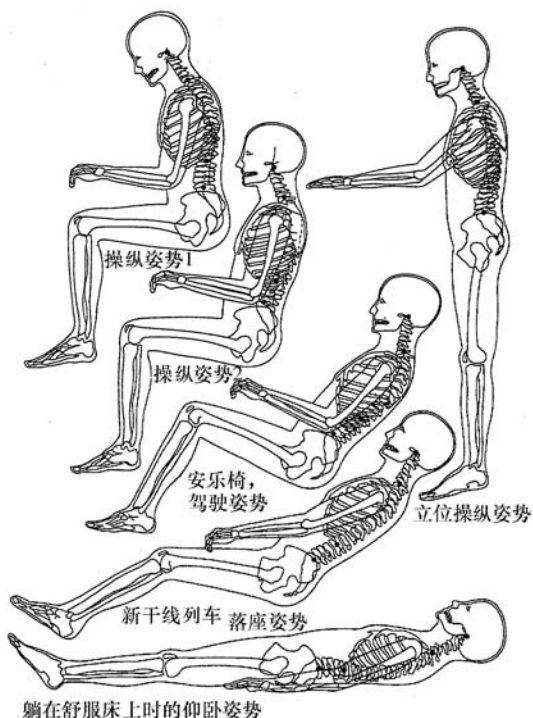


图 1-2-4 以脊柱为中心的具有代表性的姿势

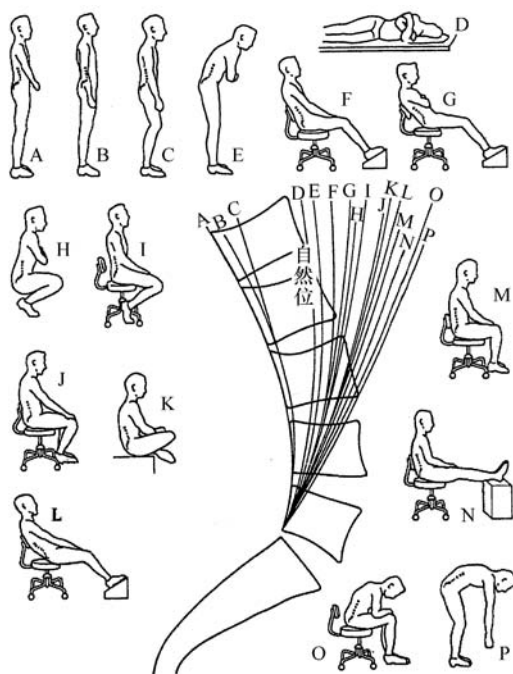


图 1-2-5 各种姿势下的脊柱弯曲变化

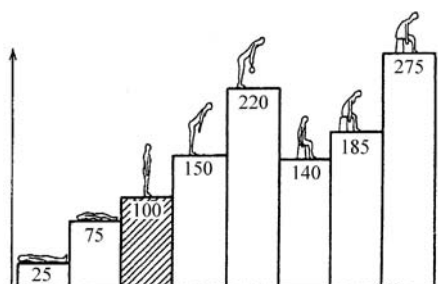


图 1-2-6 姿势变化引起的椎间盘内部压力变化

同时,如图 1-2-7 ~ 图 1-2-9 所示,进行乘员布置、装置操作设计还需要掌握人在座位上的活动范围。

另外,为了将整车目标范围设定得更广,需要将体形随年龄的变化控制在图 1-2-10、图 1-2-11 所示范围内。

1.2.2 假人

在人机工程领域进行各种试验和室内设计时,经常使用假人和一种叫作人体模型的人偶代替人体。这是基于上文提到的人体尺寸得到的,但是由于种类各异,因此在这里先做介绍。

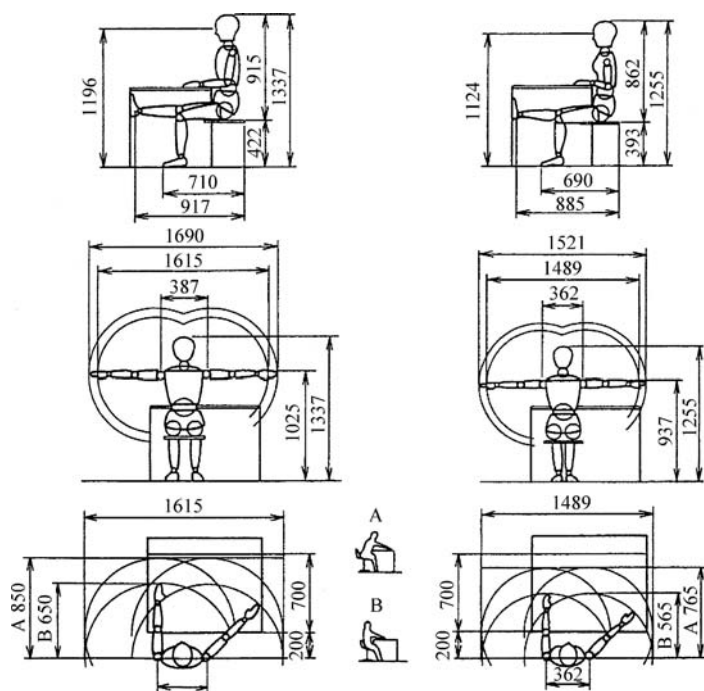
a. 2D 人体模型

这是用平板表示人体侧面形状的最简单的人体模型,通常叫它 2DM。2DM 有多种分类,如 SAE-2DM、JSAE-2DM、2W-2DM、C-2DM 等。

用于汽车设计的有 SAE 和 JSAE (图 1-2-12),根据美国 SAE (汽车工程师学会)标准制作而成,由塑料材质的躯干部、大腿部、小腿脚部和后挡板五部分组成,分别可自由旋转,可根据观察角度调整成想要的姿势。

b. 3D 人体模型

这是用于立体测量人静态落座时,人体和汽车内周边之间关系等的人体替代工具,通常叫作 3DM。3DM 可分为 SAE-3DM、JSAE-3DM、2W-3DM-AM、2W-3DM-JM、SIP-3DM 等类型。



(各部位的尺寸根据20世纪70年代的动作和尺寸系统的比例计算)

图 1-2-7 成人男女的尺寸 (1984 年调查)

坐在工作椅上

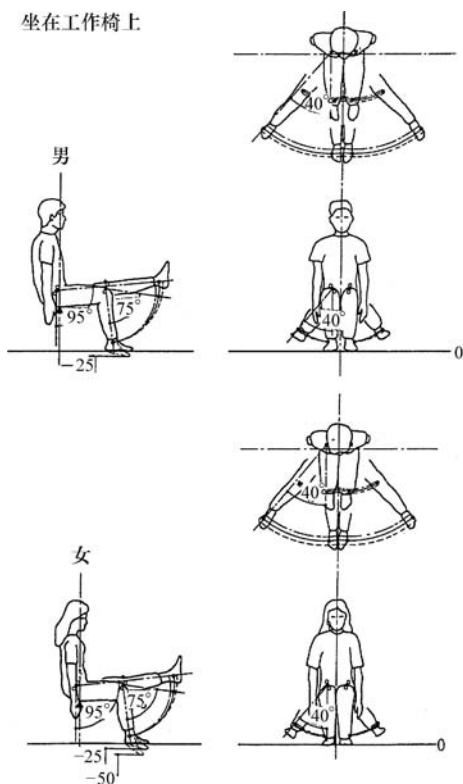


图 1-2-8 落座时下肢的活动范围

坐在工作椅上

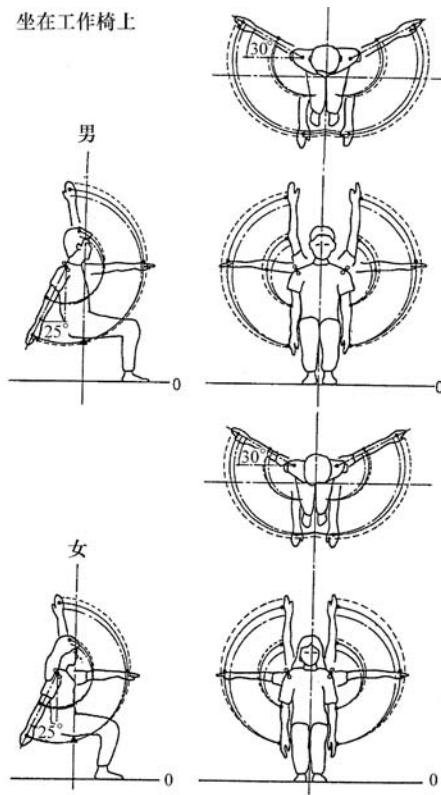


图 1-2-9 落座时上肢可活动的范围

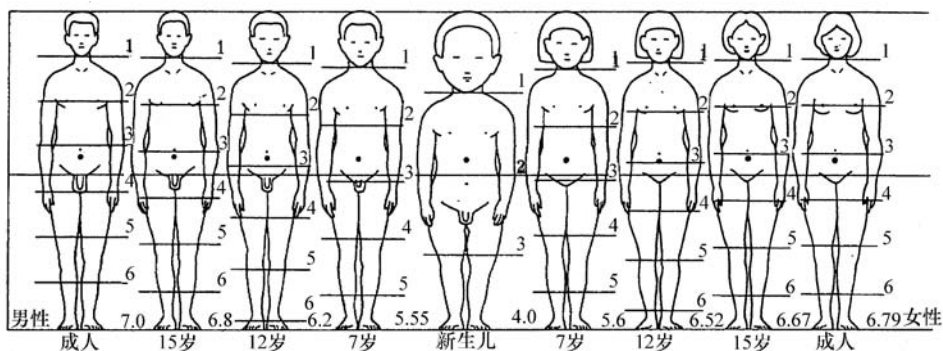


图 1-2-10 年龄与体形的变化

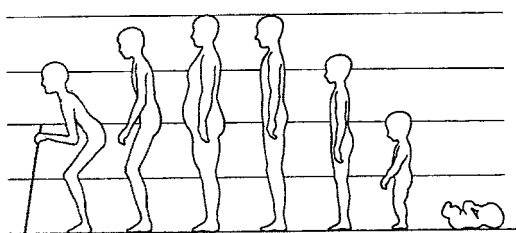


图 1-2-11 体形随年龄的变化

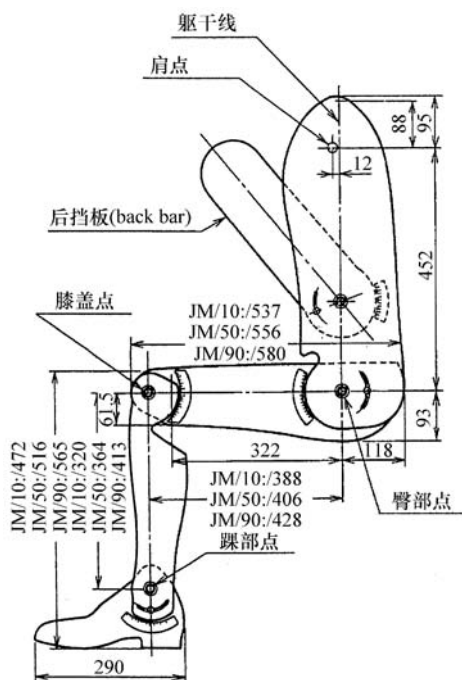


图 1-2-12 JSAE-2DM 型人体模型

SAE-3DM 遵循 SAE 法规，模拟 50 百分位的成年男子的体重及身高制作而成。

JSAE-3DM 也是模拟日本 50 百分位的成年男子身高、体重、各部位尺寸得到的标准立体模型，用于计算汽车乘员等静态和立体的人机系统关系。

c. 用于动态试验的人体模型

这是一种人体仿真模型，原本应该用人体进行试验，但是基于某种理由却必须采用其他物品代替人体。

最常见的就是用于碰撞解析试验的假人，骨架由铁制成，上面覆盖橡胶状物质相当于肌肉皮肤，当中还采用了能够测量位移和加速度的传感器。在欧美已制作完成并实现标准化，其中还分成几类。

1.2.3 肌肉负荷

对于姿势的保持或操纵动作，当然不能忽视肌肉的工作。当姿势舒展、放松时，肌肉和与之抗衡的肌肉之间相互保持着平衡，就不会成为负担。

人靠肌肉收缩发力，力量的大小因肌肉的长度及横截面积的不同而不同，普遍认为当肌肉收缩后的长度与其在体内的长度基本相当时可获得最大肌力。图 1-2-13 表示的就是男女肌力和年龄之间的关系，25~30 岁之间的肌肉发力是最大的。之后，肌肉发力会随年龄的增加而下降，50~60 岁之间只是最大肌力的 75%~85%。另外，据研究女性的肌力是男性的 2/3 左右。

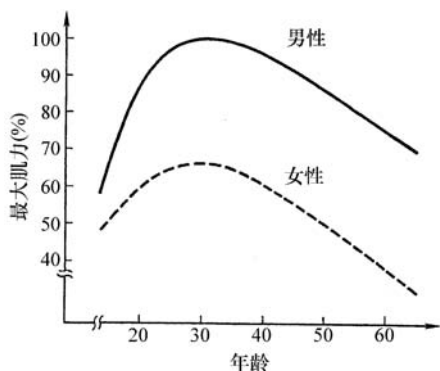


图 1-2-13 男女肌力与年龄的关系

图 1-2-14 所示为踏板布置和最大踏力之间的关系，坐在座位上踏力的膝关节角度是 $140^{\circ} \sim 160^{\circ}$ ，踏板和座椅的上下高度差越小发力越大。图 1-2-15 所示为操纵变速杆时的手力。

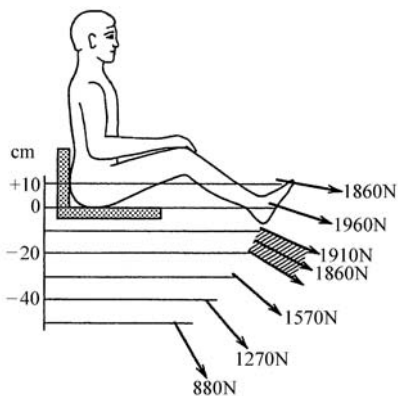


图 1-2-14 踏板布置与最大踏力

图 1-2-16 表示的是在动作姿势和肌肉疲劳方面，每个动作形态的持续时间和最大肌力比（MVC）的关系，即使在相同的负荷强度下，也能看出出现疲劳的差异，需要注意上肢相关动作的持续时间不能太长。

通过肌电图可以测量局部肌肉的负荷强度，图 1-2-17 表示的是手腕的角度和前臂伸肌的肌电位。通常操作时的角度处于②~③的水平，在紧握状态下仍是②~③的水平。手腕向上方伸展的角度越大，疲劳就会越早出现。图 1-2-18 表示的是上肢上举的角度和①前臂伸肌、②右僧帽肌、③左僧帽

肌的工作电位。肘部向外翻转的程度越大，僧帽肌的工作电位也越大，当时肘部与肩部高度相同时，最大肌力比可到 30%~45%。

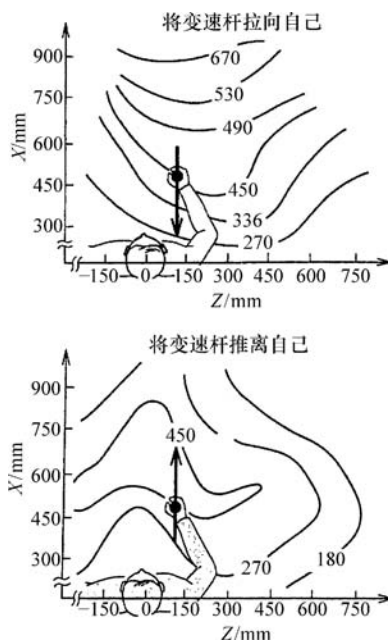


图 1-2-15 操纵变速杆时的手力

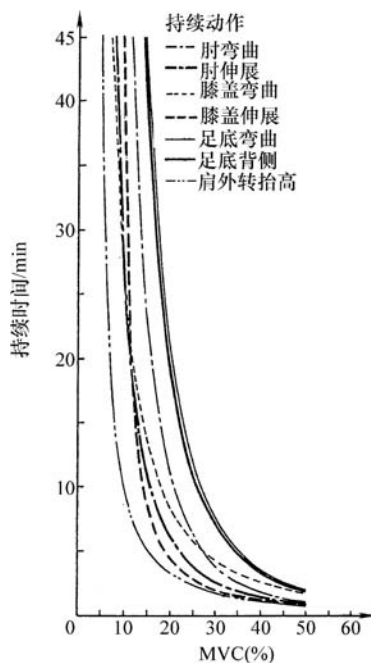


图 1-2-16 各疲劳形态的持续时间和 MVC 的关系

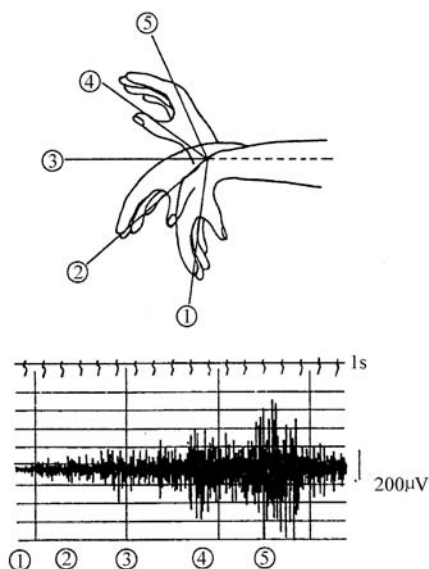


图 1-2-17 手腕角度和前臂伸肌的肌电位振幅变化

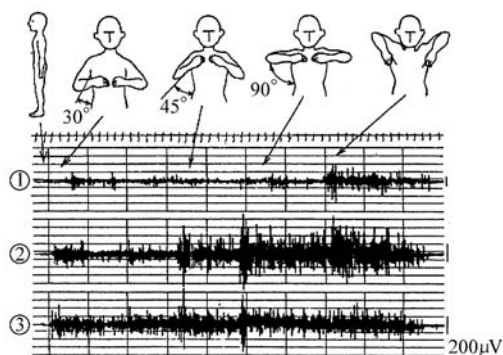


图 1-2-18 上肢上举的角度和僧帽肌的电位变化

综上所述，在设计汽车时要充分考虑降低驾驶负荷或姿态，适当地进行乘员布置和装置布置，以谋求提高整车的上下车方便性。

汽车是靠驾驶行为实现移动的工具，降低驾驶负荷是最基本的要求，也是实现舒适性的基础。这属于基本功能，在这方面不仅拥有悠久的历史，而且在提高性能和开发新功能上也展开了积极探索。

a. 驾驶姿势和操纵系统的合理布置

主要是指研究降低身体尺寸、肌力、骨骼系统负荷的领域，通过尺寸和动作的测

量、动作解析及以肌电位为中心的人体生理反应测量，确定合适的范围，防止疲劳。

以驾驶动作解析为例，在图 1-2-19 所示的场景下进行该试验。试验测得的数据当中，图 1-2-20 为操纵变速杆时肩部、肘部和手腕的动作变化。肩部位置的布置偏差越大，针对变速杆位置的主观评价结果越差。



图 1-2-19 驾驶动作解析试验剪影

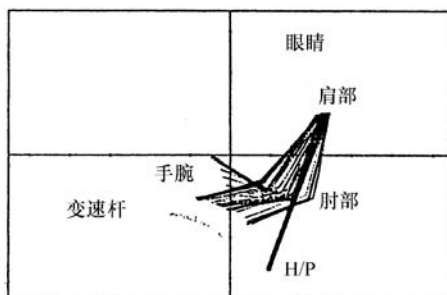


图 1-2-20 操纵变速杆时身体各部位的动作

另外，随着自动化的不断发展，操纵负荷在绝对值上几乎都不会出问题，反而是对适当的操纵力的要求越来越高。

部分新发布的展车将自动挡汽车的变速杆与自动变速器的连接方式从传统的机械连接改为电气连接，从而实现将变速杆操纵单元布置在操纵负荷较小的位置。

b. 降低驾驶动作的负荷

驾驶是人类“接受刺激 - 识别/判断 - 操作”的综合控制操作，为了降低负荷，需要开展综合人机特性的研究。

有关人机系统的综合解析及紧张时的人机特性等方面的研究也在不断发展。

c. 改善上下车方便性

随着驾驶人活动范围的不断扩大，对上

下车方便性的要求已高于从前。目前主要根据动作解析的方法算出车门开口面积，并结合顶棚和门槛高度之间的关系展开研究。上

下车时驾驶席的转向盘弹起、座椅向后移动和车身采用门槛结构（图 1-2-21）等均是此类装置的开发案例。

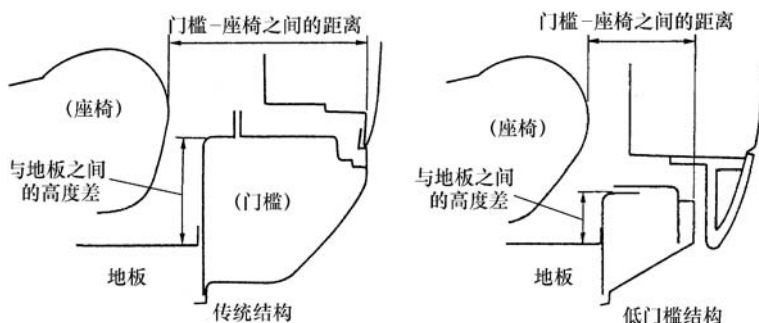


图 1-2-21 低门槛结构

d. 驾驶辅助系统

全球范围内都在研究能降低驾驶负荷的驾驶辅助系统，具体包括去除死角（图 1-2-22）、定速巡航及与道路设备一体化的驾驶引导系统和汽车驾驶技术等。

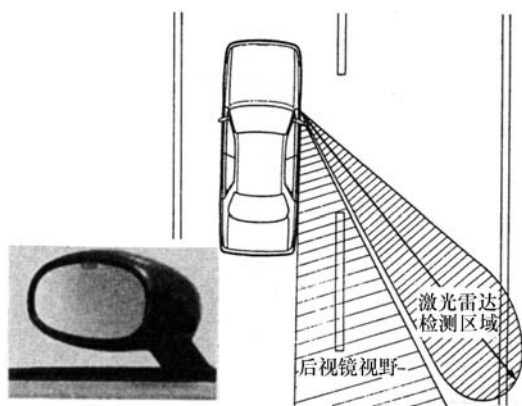


图 1-2-22 视野辅助系统

1.3 汽车与感官特性

如果把汽车不仅仅当作驾驶的对象，同时也看成是移动空间，那么降低不舒服的刺激、符合感觉习惯的舒适性就成为汽车的重要性能，这也正是用户的期望所在。

表 1-3-1 表示的是具有代表性的、按感觉划分的性能。但是能够让客户满意的舒适

性技术不仅要适应这些具体的感觉，还要兼具多重性能。表 1-3-2 为相关内容的汇总结果。

表 1-3-1 感觉与性能

感觉	具有代表性的性能 ^①
视觉	视野与可视性，照明，距离感
听觉	静肃性，排气声音，异响，警报
嗅觉	室内异味，外来异味
身体感觉	
皮肤感觉	
触压痛感	操作系统或内饰的触感，乘坐舒适性
冷暖感觉	空调性能
运动感觉	操纵性，加减速性能，平顺性
平衡感	（晕车）

① 这些性能不是单一感觉，大部分都与多重感觉密切相关。

表 1-3-2 提高舒适性的复合技术

舒适性 举例	构成的关键性能和主要技术
座椅的乘坐 舒适性	落座姿势与包裹性；骨盆腰椎复合支撑 体压分布；总布置或座椅面形状 座垫性能与振动吸收性能；弹簧要素 肌肤触感与吸水性；新表皮材料

(续)

舒适性能 举例	构成的关键性能和主要技术
内饰的 质感	视觉看起来（美观）；接合面等 触觉摸起来（触感、牢固感）；皮革或新 合成纤维 操纵动起来（操作感，静肃性）等
室内环境	光环境；采光，遮光，照明等灯光技术 温度、湿度环境；私人空调，自然风出 风口 空气质量与清洁性；空气净化器，空气滤 清器 音响性能；扬声器布置，音质控制

最近舒适性方面的健康与清洁性备受关注。保证室内空气质量、防紫外线以及防尘、易清扫和易改造等就成了全新的期待性能。

下面将围绕感觉进行说明。

1.3.1 视觉特性

视觉是获取主要驾驶信息的最重要感觉，也是研究降低感觉系统负荷的最具代表性的领域。虽然在基于视觉基本特性的易读仪表及平头显示器（图 1-3-1）搭载等方面的研究有所发展，但是随着近年来老年驾驶人的增加和信息化社会的发展，搭载信息仪器、信息处理的难易性也成为了迫在眉睫的研讨课题。



图 1-3-1 平头显示器的速度显示

该领域已经成为新的热门研究对象，研究以视觉特性为基础，还包括信息工程及认知、识别上的问题，我们将在下一节中详述

这部分内容。

视觉系统由感觉器官——眼球（图 1-3-2）和眼球至大脑皮层后部枕叶处的传递路径构成。眼球由角膜、晶状体等折光系统和视网膜光感系统组成。另外，为了能够实现最优的视觉信息接收，眼球上的运动装置要具备多种功能，比如睫状体的焦点调节功能，虹膜的改变瞳孔直径功能，外眼肌的移动视线功能等。

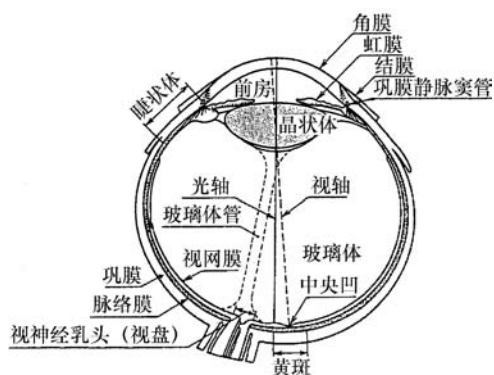


图 1-3-2 右眼球的水平截面图

a. 视觉刺激

人体能够检测到的光亮刺激可从颜色暗淡的星星光亮（约 10^{-6}cd/m^2 ）到白天阳光下的明亮，范围非常广泛。能够读取细小文字且不会感到刺眼的舒适亮度范围约是 $10 \sim 10^3 \text{cd/m}^2$ 。

b. 对比度识别特性

显示信息的视认性会受到识别显示刺激量（亮度、波长等）差异能力的影响。在 $50 \sim 500 \text{cd/m}^2$ 的亮度下分辨率识别能力较好。

c. 视力

能够检测信息在空间上细微分布的能力统称为视力。

(i) 最小可视阈 指可察觉刺激的最小值，是在背景极暗、强光刺激等不利状态下能够检测出细微刺激。具体来说，就是指看白底上的黑点时约需 30″，而看黑字中的白点仅需 10″便能觉察。



(ii) 最小可分视力阈 表示能够将两点或两条线分别开来的能力, 约需 $20'' \sim 30''$ 的视觉。

(iii) 最小识别阈 表示识别直线偏离的能力, 表示 $2'' \sim 10''$ 的非常细致的分解能力。

(iv) 最小认知阈 用能够读取的图形或文字形状的最小值来表示, 一般为 $30'' \sim$

$60''$ 的视觉水平。

d. 基于视网膜位置的信息接收特性

人体的视网膜远离中央凹会出现视功能减退。想通过广阔的视野接收信息, 就不能只靠眼球, 还要转动头部, 在中央凹对信息对象进行高密度处理。图 1-3-3 就是整理而成的广阔视野下的信息接收特性 (视野)。

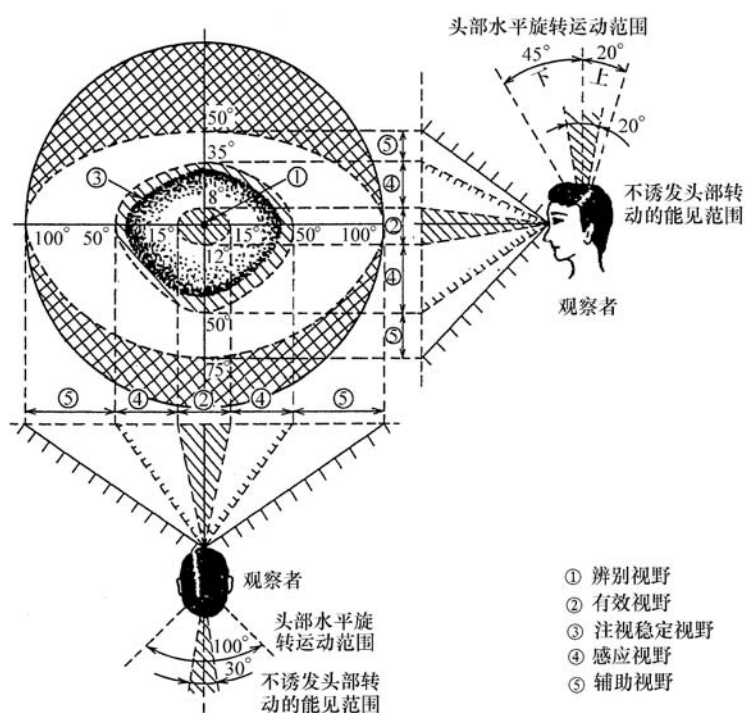


图 1-3-3 视野内的信息接收特性

(i) 辨别视野 是指视力、颜色辨别等视功能较好且能接收高精度信息的范围。

(ii) 有效视野 仅靠眼球运动注视信息, 瞬间可从复杂信息环境中接收指定信息的范围 (左右约 15° , 上方约 8° , 下方约 12° 范围以内)。

(iii) 注视稳定视野 产生于头部转动帮助眼球运动的状态下、无须勉强即可注视的范围 (左右 $30^\circ \sim 45^\circ$, 上方 $20^\circ \sim 30^\circ$, 下方 $25^\circ \sim 40^\circ$ 范围以内)。

(iv) 感应视野 虽然识别能力只停留在能够判断显现信息是否存在的水平, 但却能影响人的空间坐标感觉的范围 (水平 $30^\circ \sim 100^\circ$, 上方 $20^\circ \sim 30^\circ$, 下方 $25^\circ \sim 40^\circ$ 范围以内)。

(v) 辅助视野 接收信息极度下降, 在强度刺激等情况下能诱发注视动作的辅助性移动范围 (水平 $100^\circ \sim 200^\circ$, 垂直 $85^\circ \sim 135^\circ$)。

e. 焦点调节和瞳孔运动

对视网膜的焦点匹配要通过玻璃体厚度

增减所引起的屈光力变化来进行。该项功能就叫作调节作用，与年龄密切相关。随着年龄的增长，玻璃体会逐渐失去弹性，从而导致调节能力明显下降。

f. 眼球运动

眼球即使在固视时也会出现微小晃动，因此视网膜成像常常被刷新，不断将最新的视觉信息传送到神经中枢。最快的眼球运动就是读书时普通视线移动所体现的称为眼球跳跃运动的断断续续的离散运动。可使眼球移动的外眼肌几乎不会出现类似手脚骨骼肌肉的肌肉疲劳。

本节围绕视觉特性进行了阐述，普遍认为驾驶所需的外部信息将近 90% 都是视觉信息。近来，驾驶视野也成为整车主动安全上的重要课题，表 1-3-3 就是对于直接视野的总结结果。

表 1-3-3 直接视野分类

分类		重要的视野性能	主要的车辆因素
前方视野	上方	确认信号灯及指示牌	前部顶棚边沿 发动机罩，仪表板 前立柱
	下方	确认与前车的距离，识别障碍物及标识	
	左右	确认左右转弯时的行人等	
侧方视野	上方	确认指示牌等	上边梁 腰线 中立柱
	下方	向路边靠近时预测间隔	
	左右	超车或左右转弯时的横向确认	
后方视野	上方	倒车时预测后方间隔与识别障碍物	后部顶棚边沿 行李箱，后排座椅靠背 后侧立柱
	下方		
	左右	把握后续车辆等的举动	

视觉特性会随着年龄增长而变化，这对于今后的老龄化社会也是至关重要，可以列举出若干研究事例。

图 1-3-4、图 1-3-5 表示的就是基于年龄的调节响应和对比度敏感度差异。最近，在整体把握的基础之上展开了许多研究，如任意组合人体的视觉系统、视觉对象、视觉环境，然后用画面表示所见（图 1-3-6）的

视觉仿真以及开发模拟老年人视力的眼镜，并使之与驾驶人更容易读取车辆信息的显示技术开发关联起来。

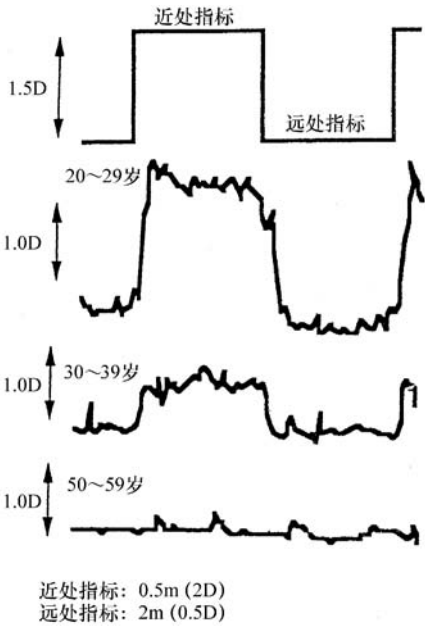


图 1-3-4 基于年龄的调节响应差异

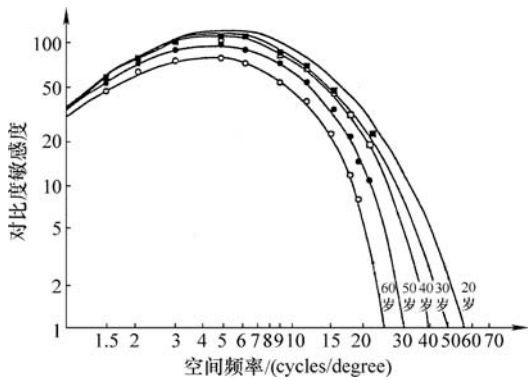


图 1-3-5 对比度敏感度随年龄的变化

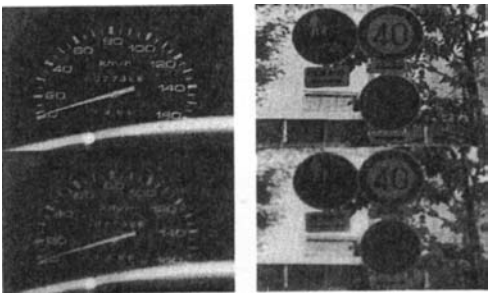


图 1-3-6 老年人的视觉仿真



通过图像处理模拟年龄增加对视觉的影响,旨在提高安全性和可视性。

1.3.2 听觉特性

听觉作为最重要的通信手段,同语言一样是人类生活的根本。在汽车领域,它也是一项基本特性,不仅要考虑车内外的噪声,还要考虑警报及音响等性能。

a. 可听范围和等响度曲线

所谓的可听范围是指能够感知的声音频率及声压水平的范围。图 1-3-7 表示的就是等响度曲线。

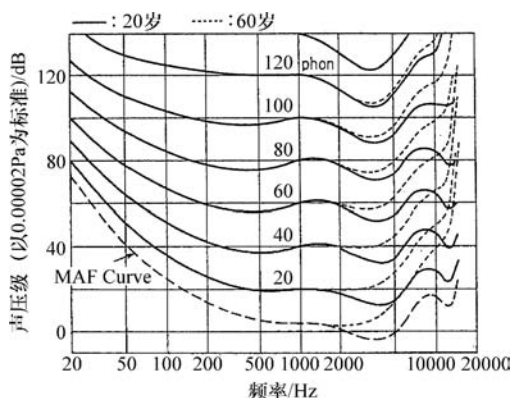


图 1-3-7 等响度曲线

b. 汽车噪声

人如何看待声音对于噪声来讲非常重要,这与感觉和心理要素关系密切,不能仅用单纯的物理量来评价,而要用近似音来评价。

图 1-3-8 表示的是常用的可听范围,图 1-3-9 表示的是等响度曲线的要求。

关于车内噪声的解析不胜枚举,最近选取不快感较强的高速行驶进行了解析尝试,解析造成乘员感觉不快的原理并基于此原理对舒适性指标进行量化。

假设高速行驶时的不快感由噪声的大小和噪声之间的平衡决定,可将噪声分为路面噪声和风噪声,然后采用二者语言清晰度指数处于同一水平的车速,如图 1-3-10 所示,进行噪声间平衡方面的评价。

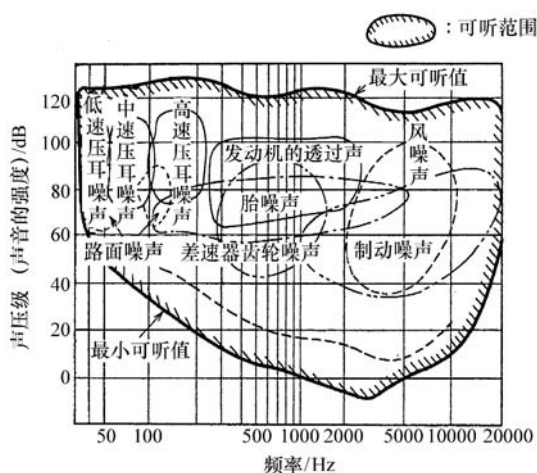


图 1-3-8 汽车噪声的可听范围

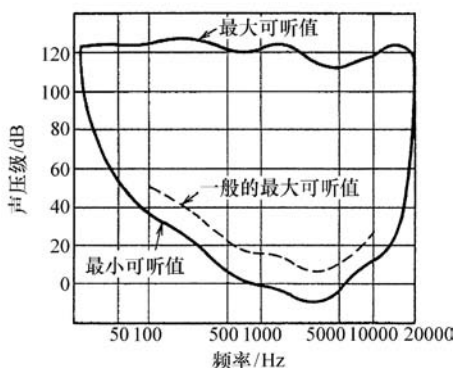


图 1-3-9 等响度曲线

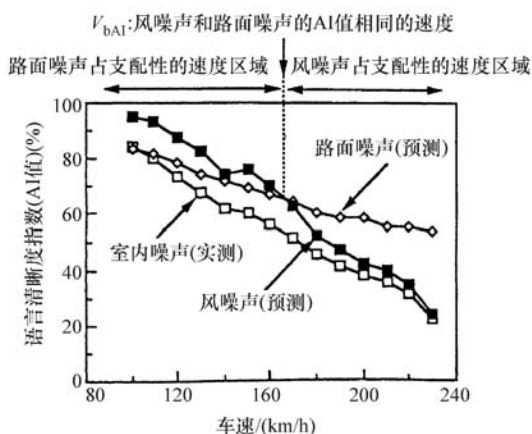


图 1-3-10 基于 AI 值的室内噪声分离 (C 级车)

近年来,多采用图 1-3-11 中的主动噪声控制技术,以降低发动机噪声等车内噪声,而非采用吸声材料等方法。

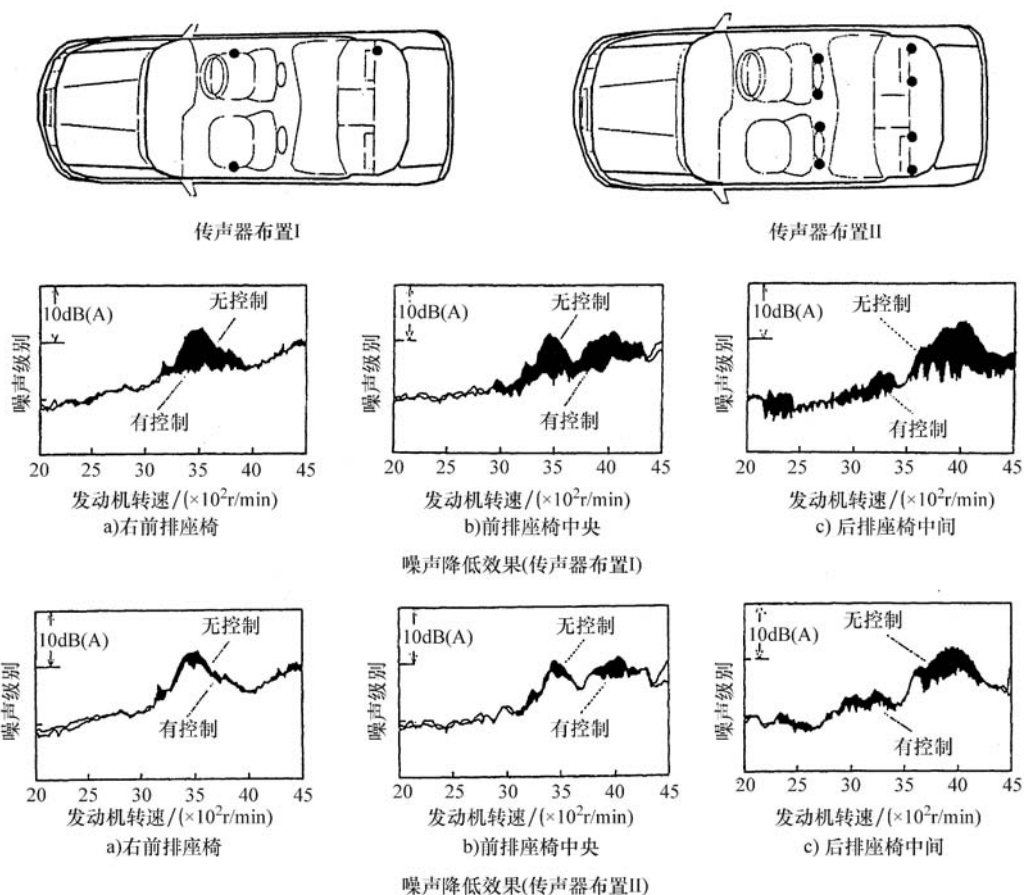


图 1-3-11 主动噪声控制技术的举例

今后还将开展图 1-3-12 中感觉上的音质评价, 目标要求是虽然有声但却不令人讨厌。相信噪声研究会在如何发出让车内乘员愉快的音色方面得到进一步发展。

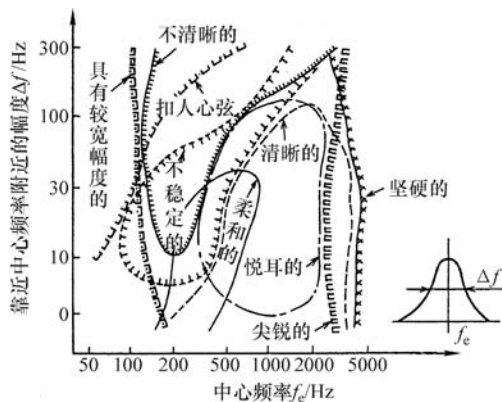


图 1-3-12 音质研究举例

另外还有的通过听觉模型进行声音分析, 具体请参看图 1-3-13。

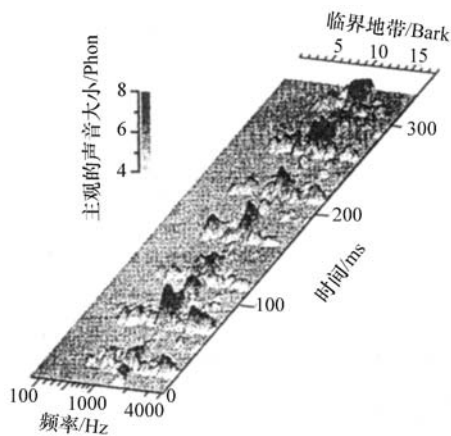


图 1-3-13 基于听觉模型的声音分析实例 (发动机轰鸣声)



车外噪声等问题也同样至关重要,由于法规等的变化,关于车外噪声的分析研究也不断向前发展,不仅要考虑对车内乘员,还要考虑对周围人及环境带来的影响。

1.3.3 振动感觉特性

接收来自路面的输入后,振动会从脚部周围开始向车身、座椅,再向乘员传递,这种振动会在很大程度上影响人的生理功能、行为表现和心理状态等。因此,近来为提高乘坐舒适性,围绕脚部周围、座椅等开发出了各种各样的硬件技术,但是在应对频率、振幅、速度和加速度等振动要素与人体感觉方面却很少有翔实的案例。

图1-3-16 虽然总结出了早就存在的ISO标准(图1-3-14、图1-3-15)、振动环境及其允许范围,但是目前在乘坐舒适性指标化等工作当中还是缺少与感觉相对应的内容,仍停留在参考数据的水平。

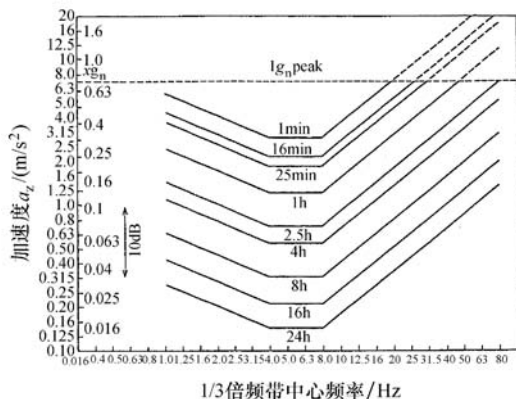


图1-3-14 ISO全身振动标准(纵轴)

回顾英国的标准(图1-3-17),它通过进行一系列翔实的试验后,定义出了振动特性。而且近期的研究又得到了比ISO更接近英国标准的振动等不适曲线。

今后关于人的振动感觉特性解析和提高脚部周围、座椅等乘坐舒适性的技术将会并驾齐驱。

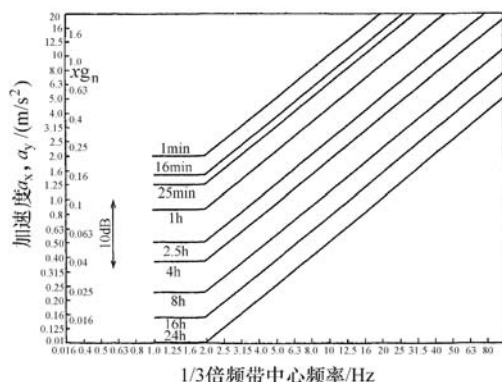


图1-3-15 ISO全身振动标准(水平,前后轴)

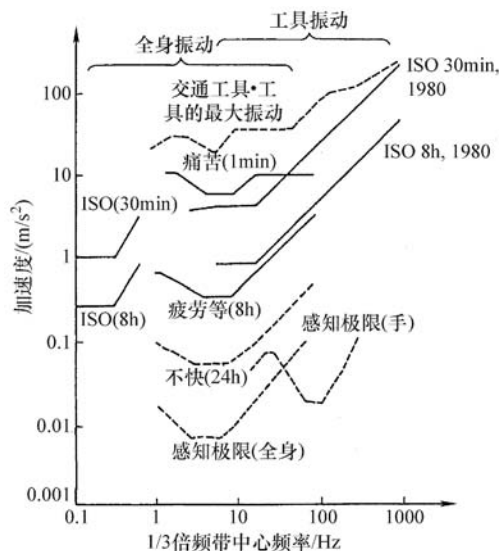


图1-3-16 振动环境及其允许范围

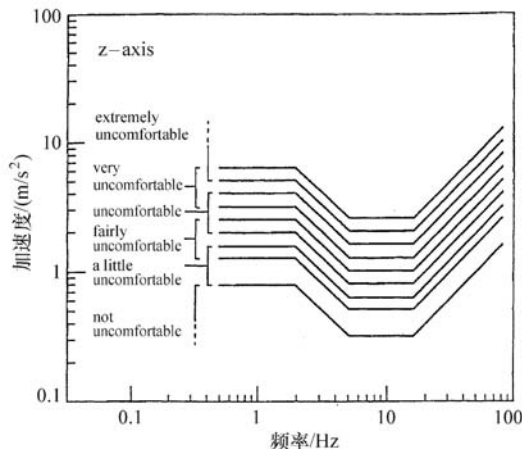


图1-3-17 英国的全身振动标准(纵轴)

1.3.4 运动感觉特性

与操纵性、稳定感、加速感、制动感等运动感觉有关的领域是汽车特有的感觉领域，虽然主动转向及主动悬架等硬件的发展使得整车运动的自由度不断提高，但这并不意味着运动感觉原理已经明晰化。

运动感觉并不是凭借单一感觉器官产生的，而是靠整合半规管、视觉、触觉等多个感觉器官的信息才成立的综合感觉，因此解析起来非常困难。

如图 1-3-18 所示，人们为了检测汽车转弯时人为施加的运动情况，需要灵活运用多种感觉器官。主要的感觉器官有位于内耳前庭器官中能够检测头部转角加速度的半规管、能够检测直线加速度的耳石、能够获取水平/垂直及周边情况信息的视觉、位于肌肉或关节中能够检测颈部倾斜等的深部感觉器官以及遍布身体各部位的触压感觉器官。所谓的运动感觉就是利用中枢神经整合来自属性各异的传感器的感觉信息，从而识别自身位置和运动以及与周边关系的一种传感信息合并系统。

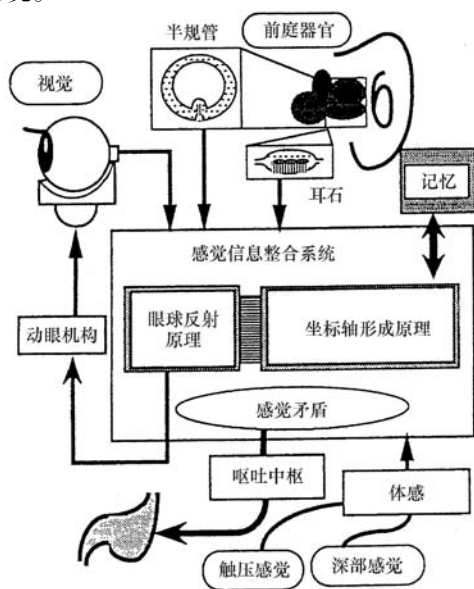


图 1-3-18 人体运动感觉的检测原理

综上所述，这是一种能够保持步行或运动等人体姿态的机构，因为能够巧妙地依靠多种信息相互弥补，所以在黑暗中仍能保持平衡，即使躺下也不会对所视对象的上下关系产生大的影响。另外，在乘坐云霄飞车时，人会迎合前方弯道事先将身体向转弯内侧倾斜以减少恐惧感，这种现象也是人自然地面对多种信息所进行的调节。

游乐场拥有许多巧妙利用运动感觉特性的装置，靠不可能存在的空中旋转及有限的驱动原理让人体长时间地感受持续加速，然而这种信息整合系统容易受输入信息整合失调时的影响，一旦产生了错误信息，就会陷入自律神经系统失调，出现不舒服或眩晕、晕车等症状，因此日后对运动感觉的研究变得更为重要。

在近期的研究案例中，通过眼球运动，即眼振测量等生理学上的方法和感应运动测量的心理及物理学上的方法来评价令综合感觉信息混乱的晕车或眩晕，并应用到了 IBOX 车的开发当中。

测量眼球运动就是利用图 1-3-19 中的旋转座椅向试验者施加 $60^\circ/\text{s}$ 的匀速旋转刺激，测量其开始按照 $6^\circ/\text{s}$ 的减速度减速之后所出现的眼球运动。图 1-3-20 表示其结果，观察旋转座椅开始减速之后连续产生的锯齿状眼振；图 1-3-21 表示的就是施加一定时间的假性晕车运动刺激后的旋转性后眼振，可以看出眼振的发生频率有所降低，眼振的缓慢相速度呈现降低趋势。



图 1-3-19 计算机控制旋转座椅

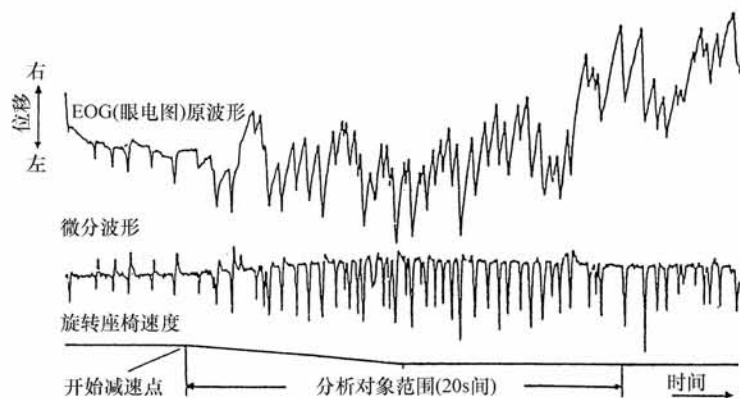


图 1-3-20 旋转性后眼振的测量举例

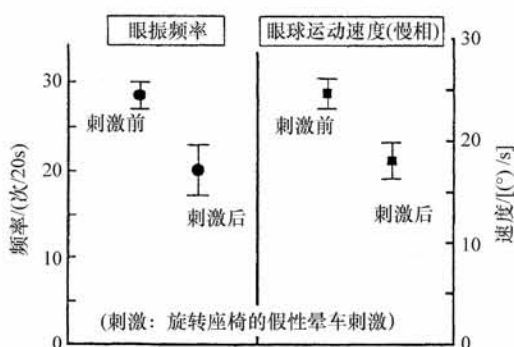


图 1-3-21 旋转性后眼振的解析结果举例

【花井利通】

参考文献

- [1] 柳島孝幸：自動車の快適性向上への取り組みについて，日産協ジャーナル，Vol.15，No.2，pp.233-246 (1992)
- [2] 柳島孝幸：自動車の予防安全・快適性向上への取り組み，日産技報，第33号，pp.40-44 (1993)
- [3] 島田莊司：自動車社会学のすすめ，講談社，pp.22-24 (1995)
- [4] 関邦博：人間の許容限界ハンドブック，朝倉書店，p.307 (1990)
- [5] 野呂影勇：図説エルゴノミクス，日本規格協会，pp.330-331 (1990)
- [6] 野呂影勇：図説エルゴノミクス，日本規格協会，pp.264-265 (1990)
- [7] 長町三生：快適科学，海文堂，pp.205-252 (1992)
- [8] 野呂影勇：図説エルゴノミクス，日本規格協会，pp.288-292 (1990)
- [9] 大澄義正：運転視界，TOYOTA Technical Review 203，Vol.45，No.1，pp.20-23 (1995)
- [10] 舟川政美：高齢者の視覚とそのシミュレーション，日産技報，第33号，pp.72-78 (1993)
- [11] 渥美文治：高齢者視力模擬メガネの開発，TOYOTA Technical Review 203，Vol.45，No.1，pp.28-33 (1995)

- [12] 野呂影勇：図説エルゴノミクス，日本規格協会，p.149 (1990)
- [13] 渋谷公彦：高速走行時の車室内騒音のバランスと快適性，自動車技術，Vol.49，No.6，pp.71-76 (1995)
- [14] 内田博志：車室内エンジン騒音アクティブ制御技術の開発，自動車技術，Vol.48，No.6，pp.23-27 (1994)
- [15] 脇田敏裕：聴覚モデルに基づいた自動車の音色可視化，自動車技術，Vol.47，No.6，pp.11-16 (1993)
- [16] 関邦博：人間の許容限界ハンドブック，朝倉書店，p.440 (1990)
- [17] M. J. Griffin：Handbook of Human Vibration，Academic Press，p.119 (1990)
- [18] E. Yaguchi：Whole-Body Vibration and Ride Comfort，Inter Noise 94，Vol.2，pp.905-910 (1994)
- [19] 加藤和人：人体振動感覚特性とその評価，日本機械学会第71期全国大会講演論文集，Vol.A，pp.288-290 (1993)
- [20] 田中兼一：統合感覚としての運動感覚評価手法の研究，日産技報，第33号，pp.124-129 (1993)

1.4 汽车与认知特性

1957 年日本产小型车的仪表板上还没有音响和空调，如图 1-4-1 所示，汽车制作十分简单。算上转向指示灯操纵杆和点火开关在内，这张图片上显示的开关总数也不足 10 个。而在图 1-4-2 中可以看到，同一款小型车在 10 年后，即 1967 年款的车型当中却增加了汽车暖风、收音机、超车灯等功能，开关约为 20 个。而且有一些开关还是集成的，这些开关大约能控制 30 多种功能。

到了 30 年后的 1997 年，除了增加间歇刮水器、自动空调、音响娱乐设施、A/T 模式切换等功能以外，还增加了电动车窗、电动后视镜、按钮式门锁等主要用于提高方便



性的电动化装备,如图 1-4-3 所示,开关总数增加到约 50 个,可控制功能超过 70 项。另外,有的车型还增加了电动座椅、导航等装置,使得驾驶人可控制的功能达到将近 100 项。

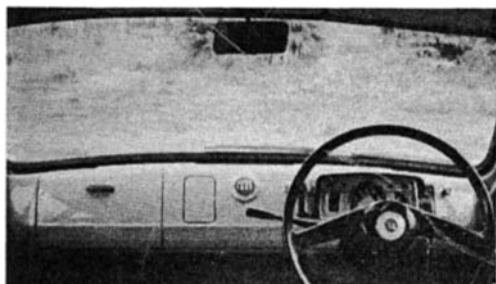


图 1-4-1 20 世纪 50 年代小型车的仪表板

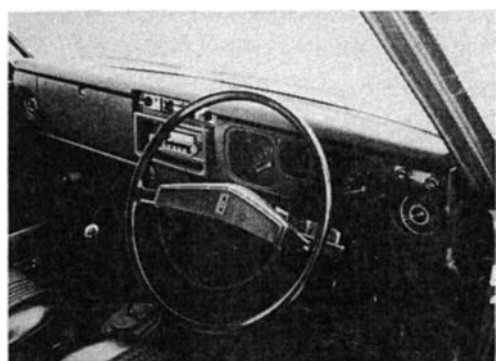


图 1-4-2 20 世纪 60 年代小型车的仪表板



图 1-4-3 20 世纪 90 年代小型车的仪表板

通过在集成化、多样化以及系统自动化等方面的不懈努力,如图 1-4-4 所示,操作开关数量的增加与功能增加相比,最大限度地控制在了最小范围。但是,作为汽车这种只要拥有驾照谁都能开的产品,能够与高级 Vedio deck 的开关(约 50 个)或工程师用的数字显像管示波器开关(约 60 个)匹敌的开关数量几乎已接近极限。在汽车领域中,为了在保持一定的驾驶姿势下操纵各装置,规定出了人手的到达范围、俯视的可视角度等操纵装置在人机工程上的设定位置推荐值。因此当开关数量增加时就会出现某些开关的操纵面积减少、相邻开关之间的间隙变窄、操纵层面结构更复杂等问题,导致操纵负荷增加。

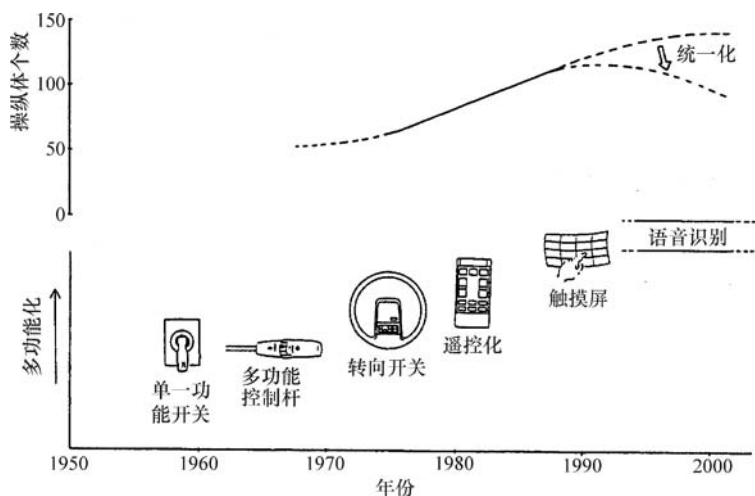


图 1-4-4 操纵开关与功能的增加

我们不仅要关注开关的数量，更要关注操纵内容的变化。如图 1-4-5 所示，通过电动化等电器开关的介入，纱窗上卷或座椅调节结构等曾经操纵装置与控制对象需要集成的结构也能够设定在不同的地方。

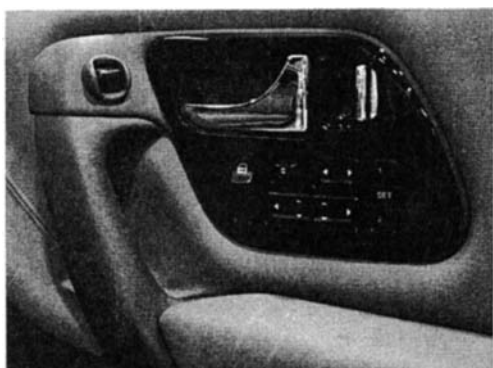


图 1-4-5 布置在车门侧的开关举例

另外在照明装置、刮水器、广播等直接操纵控制的基础上，还增加了无法立即感知操纵结果的控制，比如间歇刮水器的工作时间设定，各种动力总成、悬架特性的切换，照明装置或空调自动模式的设定等，并且对操纵对象的动作进行黑盒子处理，越来越多难以把握的控制正不断增加。

如图 1-4-6 所示，汽车驾驶中很多地方都会用到人的认知能力，比如确认道路等外界情况、决定行驶路线、控制车辆运动以及把握车辆状态等。进一步说，由于交通速度、交通密度的增加，除了“行驶、转弯、停车”以外，可用在其他辅助装置操纵上的认知能力越来越有限。这就要求设计操纵及显示系统时要尽可能减少对汽车驾驶的影响，并能够在短时间准确地操纵。在设计操纵及显示系统时，除了要考虑人体特性和感官特性，还要考虑人的认知特性，提高“易用度”和“易会度”。

1.4.1 人类的认知原理

如图 1-4-7 所示，将生理上构成人类认知活动基础的硬件分成三部分，即代表五种

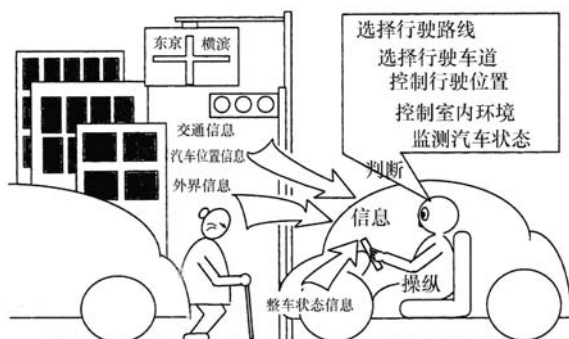


图 1-4-6 汽车驾驶的认知操纵

感觉的传感器（sensor）、由超过 100 亿以上的神经所构成的中枢神经系统（CNS）和代表肌肉组织的行动器（actuator）。

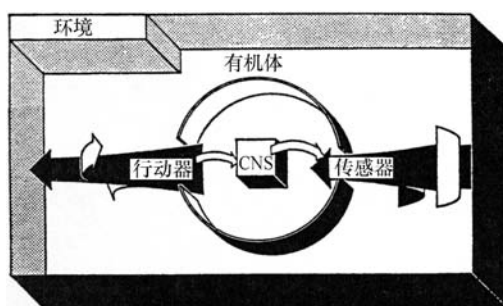


图 1-4-7 认知活动的生理构成

如图 1-4-8 所示，把由感觉信息存储库、短期记忆存储库、长期记忆存储库这三个记忆库和完整管理机构所组成的模型看作是在认知心理学领域处理输入信息的过程。感觉信息存储库几乎是把从传感器获得的信息原封不动地按照约 500ms 的时长存储。虽然短期记忆存储库只能保持 20s 左右时长，但是长期记忆存储库却具备利用某种知识加工处理输入信息并把处理结果传送到长期记忆的功能。短期记忆会利用长期记忆中的知识将输入信息符号化。而在短期记忆中反复回味被符号化的信息就是“过电影”，通过“过电影”可以延长短期记忆的保持时间。在“过电影”的过程中，找出与符号化所用知识的关联性，然后再把短期记忆存储库的信息传送到长期记忆存储库进行存储。

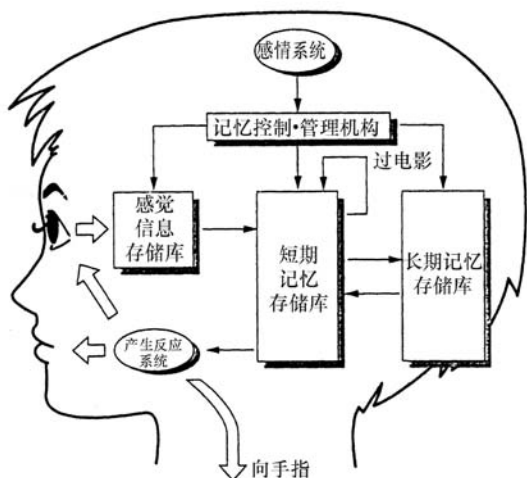


图 1-4-8 认知机构模型

短期记忆的信息保持容量用一种叫作 Chunk 的信息块单位来表示。众所周知，魔数 7 具有 7 ± 2 的记忆容量限度。在记忆毫无关系的信息时，能够确切记忆的为 5 个左右。但是，如图 1-4-9 所显示，只要通过分组、关联、赋予意义等方法，积极地形成信息块的 Chunk，就可以改善记忆能力。

长期记忆存储库把在短期记忆存储库处理的信息作为知识长期保存。长期记忆存储库中的知识分为很多种，有的类似字典，有的是与经历过场景有关的片断，还有的则是与事物做法相关的手续型的知识。

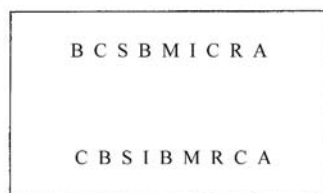


图 1-4-9 信息的 Chunk

对外界施加的行动内容由源自感觉器官和认知系统的知识而决定。然后由图 1-4-10 中的前额联合区和运动前区把行动的内容变成详细的运动程序，再由小脑向行动器发出运动完成命令。Rasmussen 用图 1-4-11 中的以技能为基础、规则为基础、知识为基础的三阶段行动模型表示此类人类行动。

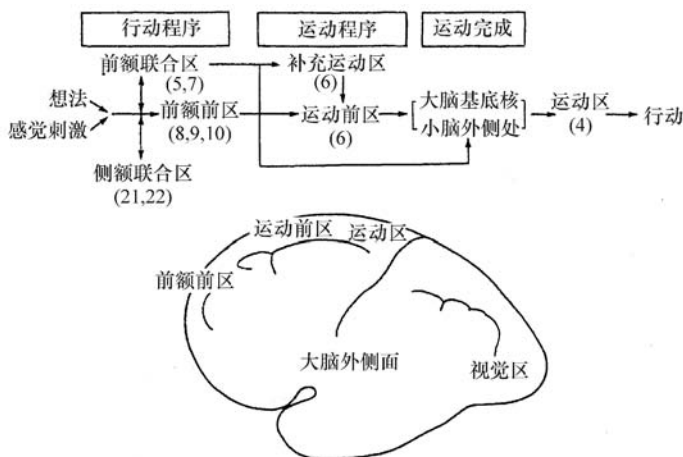


图 1-4-10 产生行动模型

所谓的以技能为基础的行为就是指面对特定的感觉输入，无意识地将自动、统一、平顺的行为模式付诸实践的行为模式。以技能为基础的行为可以分为两种情况，一种是从感觉输入中提取特征，然后发出对应的运动模式，另一种是不经历特征提取、面对刺

激输入直接行动，这种感觉刺激就叫作信号。当技术纯熟的驾驶人对手动变速器车型进行换挡操纵时，凭触觉获取的变速杆位置就成了信号，然后自动地从一档换到另一个档位，这个操纵就是以技能为基础的行为。

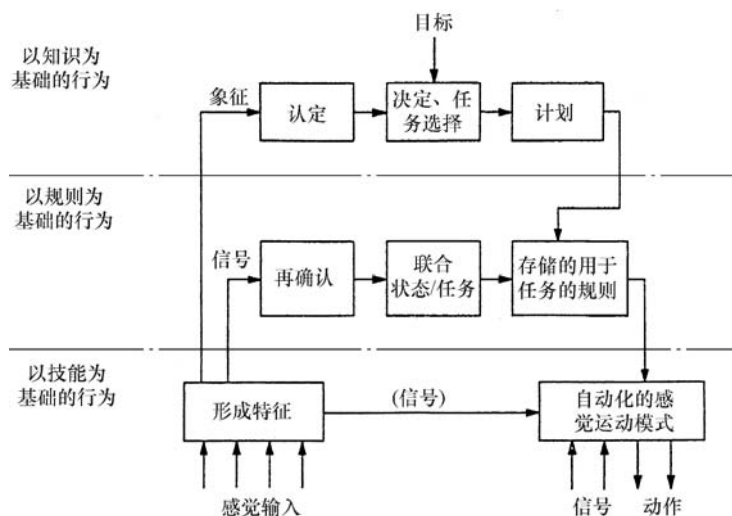


图 1-4-11 人类的行为分类

以规则为基础的行为就是在特殊目的下，运用过去掌握的方法开展行动的行为模式。比如开关车窗时，会摸向车门附近的开关组合中的某一个，然后向上抬起，这种行为就相当于以规则为基础的行为。

以知识为基础的行为就是指在不具备凭借过去经验诀窍和规则时，明确现状的事态，然后积极地建立模型并确认行为的行为模式。与此相应的例子有初次驾驶租用汽车找不到空调控制，然后按自己的习惯假设，一边进行试错一边摸索。

诸如生理模型、记忆存储库模型、行为模型等这些模型都是从不同方面展示人类知识行为的模型，人的行为虽说不完全遵循这些模型，但是它们却在理解和分析人类认知行为方面发挥着各种各样的作用。

1.4.2 认知特性与易用设计

认知心理学家唐纳德·诺曼（Donald Norman）主张的认知工程思维是通过分析从日常产品使用难易度中所体现出来的认知科学的不同侧面得出的，他提倡“基于认知科学的思维方式，制造易于使用的商品”。

用具体行为将人想做的或心中所想

（目标或意图）与实际行动联系起来。要实现脑海中形成的目标就要推进现实世界中的实践，可以将这一过程分为“形成目标”“形成意图”“细化行为”“实施行为”四个阶段，而评价外界结果的过程也可以分成三个阶段，即“情况察觉”“情况说明”“比较”。他提出人的行为由图 1-4-12 中的七个阶段组成。

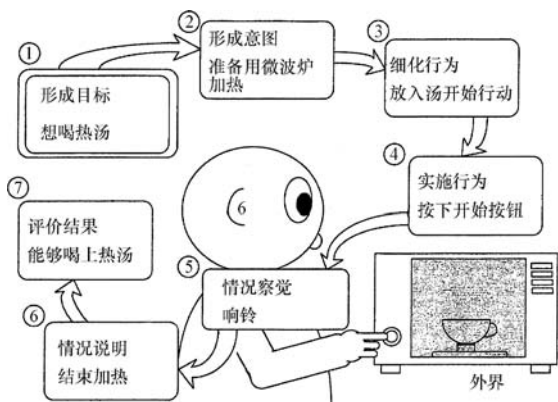


图 1-4-12 人类行为的七个阶段

诺曼通过观察各行为阶段的生效及会导致错误的要素，用以下七个项目表现出易用设计的根本。①可视性：可以用肉眼看出装置的状态和进行何种行为。②良好的概念模型：操纵及其结果的表达一致，且模型能够给人贯穿整体并协调一致的系统印象。③施

以良好应对：能够确定行为、操纵及其结果，还有系统状态与肉眼可见事物之间的对应关系。④恰当的反馈：常态接收与行为结果相关的完整反馈。⑤自然制约：具有决定被允许行为的自然的外界制约。⑥文化上的制约：社会中存在决定社会行为是否合适的习惯。⑦结果评价。

如图 1-4-13 所示，实际驾驶时，注视操作仪表的时间仅为 1s 左右，即使长的话也不会超过 2s。也就是说，驾驶汽车时没有时间盯住眼前的开关去考虑它究竟是干什么用的。因此，要求汽车的人机界面能在较短的视认时间里尽可能获取更多的信息，尽量减少认知负荷，从而才能切实执行一系列动作。这就要尽量减少视觉的认知负担，需要在表 1-4-1 中的诸多方面多做努力。为了用商品形态表示人体内部的认知考察，将脑海中的信息外在化，需要进一步融合认知科学与设计。

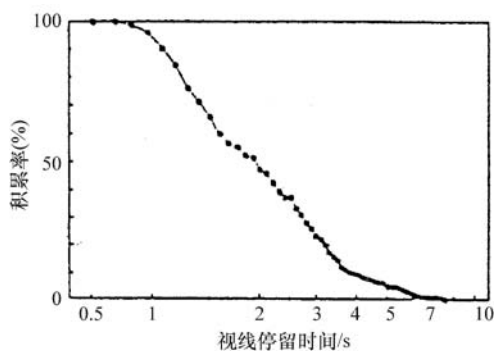


图 1-4-13 驾驶时的前方视认时间

表 1-4-1 减少认知负荷的努力

1) 应形成的概念模型要纯粹（单一功能）
2) 具有面向操作部位的自然引导（导向）
3) 操纵动作自然
4) 具有决定必要动作的制约（可供性）
5) 具有辅助动作在形态上的线索（辅助）
6) 灵活运用习惯上的、文化上的制约

1.4.3 认知科学与商品评价

要想制造出易于使用的商品，不仅需要

遵循易用设计的原则推动策划与设计，还要将易用性作为一种品质在开发过程中采用统一的评价方法反复随机抽查。

根据评价人员的不同，可将评价易用性的方法分成以下三种：①用户评价；②评价专家组的评价；③设计人员自身的评价。用户评价所使用的方法有口头表达（Verbal Protocol）法及调查问卷法，这里的口头表达（Verbal Protocol）法就是指先让具有代表性的商品用户进行使用，然后如图 1-4-14 所示，逐一发表其心中所想和实际操纵内容的方法。用户评价是最重要的评价，由于需要利用接近实际产品或开发最终阶段的试制品进行评价，大多数情况下，评价结果都会反馈到下一个开发机型上。

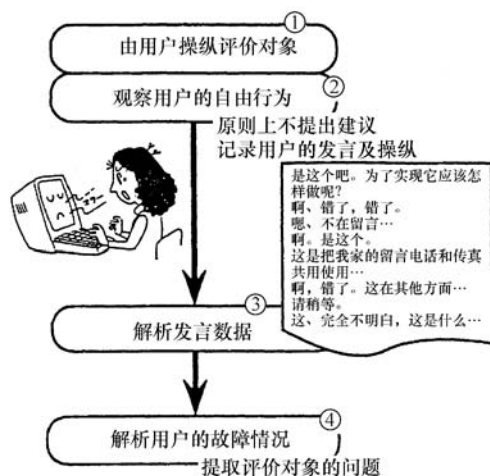


图 1-4-14 认知工作法

现已开发出来的专家组评价方法有启发式评估法（Heuristic Evaluation）和认知工作法（Cognitive Work Through）等。其中，启发式评估法是先根据评价专家的经验设定出易用性的原则（Heuristic），然后参照该原则再进行评价的方法。认知工作法是假设特定工作场景并设计好情节，然后检查每个操纵步骤发生错误的频率的方法。采用上述方法进行评价，不仅要具备专业的知识水平，而且还需要花费大量的时间。



为了将易用性作为一种品质融入产品当中，最好可以有一种简单的方法，能使设计师本人从设计的初期阶段开始就对易用性进行评价。以认知工作法为基础，升级打造出设计人员也能简单使用的方法，即通过回答包含 13 个项目的问题表单，然后用“发生频率”和“妨碍作业度”来评价发现的问题，如图 1-4-15 所示。

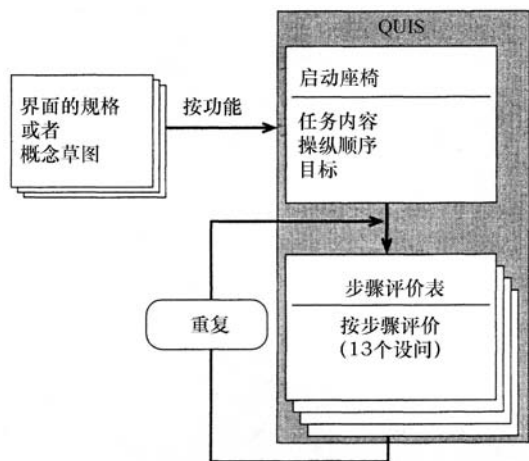


图 1-4-15 QUIS 系统

设计人员心中的产品模型和用户实际接触产品时所接受的模型之间会一而再而三地产生分歧，有时用户甚至会提出出乎设计人员意料的使用方法。因此，如果真实用户能够在开发的初期阶段就开始进行样车评价是最理想的。在银行的 ATM 机的图像设计或各种软件的图形用户界面的设计过程中，大部分操纵都是依靠图像显示或定点设备进行的，因此需要开发基于图 1-4-16 的计算机动作仿真，结合实际操纵动作评价操纵按钮的布置和形状，然后再反馈到产品开发当中。

图 1-4-17 为虚拟现实（virtual reality）技术的应用实例，主要是为了评价和体验诸如整体厨房这种伴有大幅动作的产品的易用性。汽车的内饰开发同理，不仅要通过搭载数据手套和头盔式的显示仪再现仪表，还要再现内饰的整体感觉。图 1-4-18 就是在这

方面所做的积极尝试。

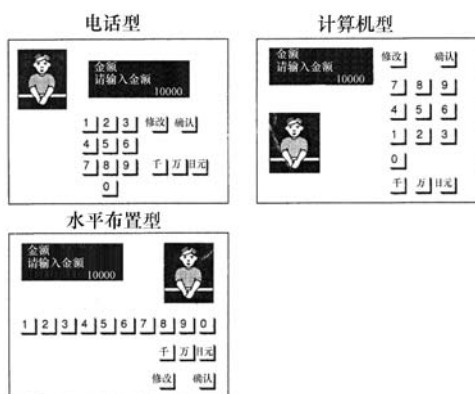


图 1-4-16 可用性评价仿真



图 1-4-17 基于虚拟现实的整体厨房评价



图 1-4-18 基于虚拟现实的汽车内饰评价

在以图像显示为主的基于虚拟现实的评



价系统中, 缺乏从触觉层面再现控制杆及旋钮等机械结构的动作。为了能够再现触觉, 开展了许多基础研究, 如让手指或腕部产生阻力等研究以及图 1-4-19 所示的关于阻力产生装置的开发等工作。希望今后虚拟样品

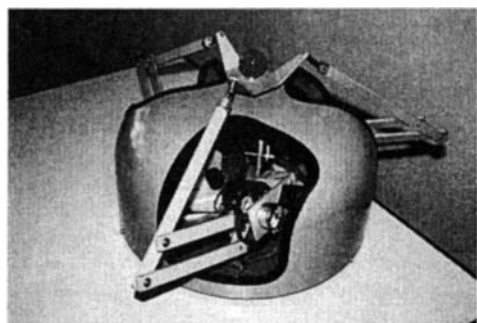


图 1-4-19 力觉显示装置

制作工具与驾驶仿真能有效融合, 为初期阶段评价汽车内饰做出应有贡献。

1.4.4 认知特性与汽车开发

基于认知特性的人机界面设计开发工作在传真、录像机以及银行的 ATM 机领域得以发展。汽车的内饰开发主要就是按照人机工程方法来设计人机界面的工作, 概念模型或导航系统的显示方法中也可以看到符合认知特性的设计。

如果按照诺曼行为的七阶段模型分解汽车内部的操作行为, 那么就可以用图 1-4-20 的关系表示从产生想做什么的动机, 然后经过识别现状、决定意图、决定行动、实施行为各阶段, 直到确认。

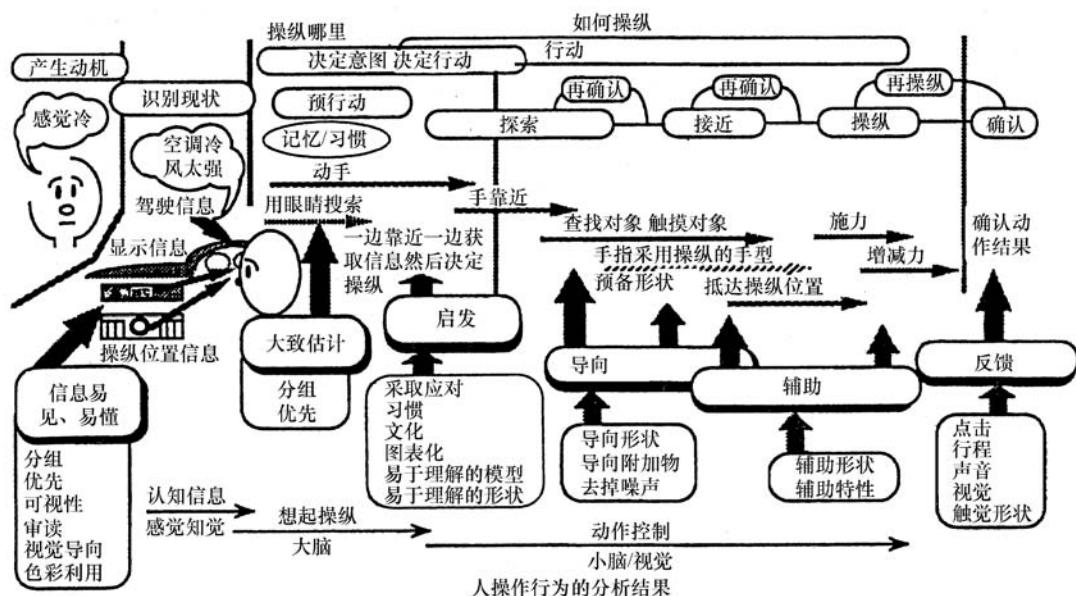


图 1-4-20 时间上的行为分析

在一系列的操纵行为当中, 对应决定想做什么、应该操纵哪个地方、应该如何操纵的各阶段, 分别要求的是“易懂性”“易找性”“易操纵性”。

在图 1-4-21 所示的概念车中, 用图表表示空调系统操纵, 以通俗易懂的形式向用

户展示了与操纵仪表相连的空调系统的实际工作原理。表示动作状态的部分为直接操纵部分, 从“采取应对”和“反馈”的角度来看, 在人机界面上也是颇费心思。提示图表化的信息能够使用户更加容易地建立系统的概念模型, 提升“易懂性”。



图 1-4-21 概念车 ECC 的操纵仪表

在图 1-4-22 所示的概念车中，设计人机界面时，会分析操纵动作或观察日常使用的产品，提出有利于提高易用性的要素和实现各要素的设计方法，上述内容可整理为图 1-4-23。在这辆概念车上，为提高“易用性”采取了许多措施，如采用特殊形状的开关，把紧急程度高的开关布置在拐角处，对布置在车门上的开关种类进行组合等。



图 1-4-22 概念车 CQ-X 的操作仪表

另外如图 1-4-24 所示，为提高“易操作性”开发了多种开关。比如具有稳定保持操纵手部或手指形状的多功能开关，基于启发式原理（由 J. J. Gibson 创造的词语、思维方式，意思是人从对象提出信息）易于类推的操纵方法的开关形状（图 1-4-25）。提升“易找性”“易操作性”与手或手指的形态、动作密切相关，不仅要考虑认知特性，还要结合感觉特性和身体特性综合进行研讨。

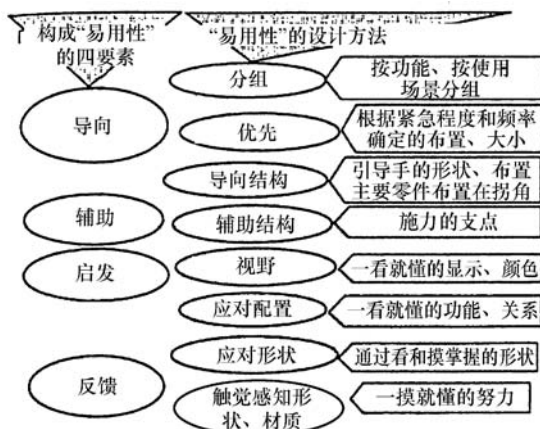


图 1-4-23 易用性的组成要素

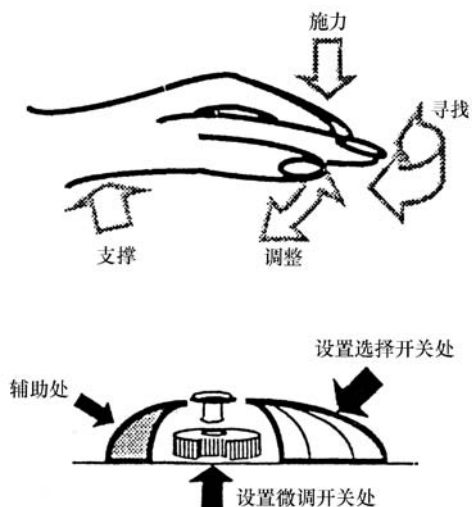


图 1-4-24 让操纵的手保持稳定

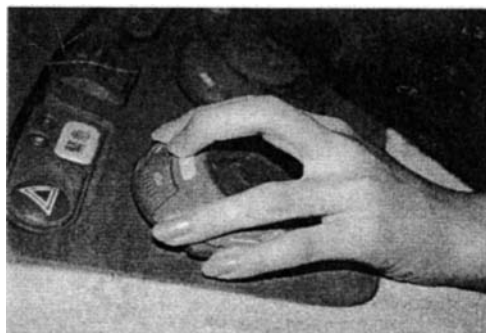


图 1-4-25 概念车的开关

在导航画面的提示方法方面，也展开了基于认知特性，特别是人对地图的认知原理

的开发尝试。为了发现人是根据怎样的认知单位记忆地图信息或是能够记住多少个认知单位，进行了图 1-4-26 中的试验。该试验的具体内容是先记忆几秒钟提示的地图画面，然后再现草图，最终得到的结果为平均的认知单位为 7 ± 2 ，与地图的提示时间无关。为了能在方位、距离的量子化、地点间道路的直线化等人对地图认知原理特点的基础上，优化路径导航显示画面所包含的信息量，开发出了图 1-4-27 表示的变形显示方法。

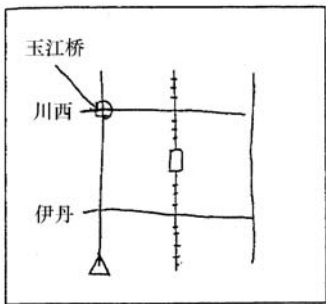


图 1-4-26

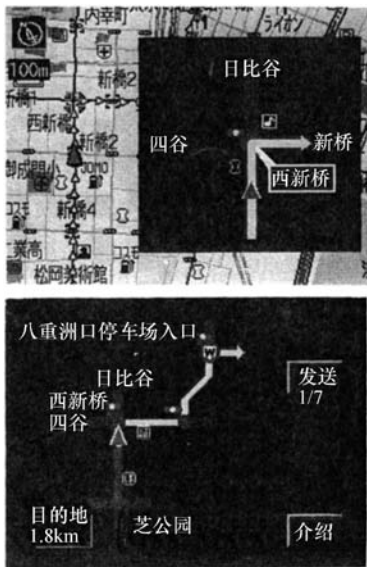


图 1-4-27 导航系统中的变形表示

为了制造出易于使用的商品，需要做到以下三条：①遵循“易用性”原则的设计；

②保持“易用性”质量的评价方法；③具备易受客户青睐的外形（外观的易用性、审美性）。“易用性”更容易获得造型工作者和设计人员的关注与付出。而在相对小规模的商品当中，造型工作者及设计人员的想法更能够落实到每个细节。但是像汽车这种综合系统领域的人机界面开发，对“易用性”来说关键是要有贯穿始终的思路和统一的评价方法。

1.4.5 今后的人机界面

适应高度信息化社会的 ITS（Intelligent Transport Systems）及定位汽车运动的 AHS（Automated Highway System）等项目将会对汽车的人机界面带来深远影响。不仅要增加向驾驶人提供的信息量和驾驶人操作功能，还要围绕自动跟车行驶及自动制动控制等功能，在考虑人体运动认知特性及安全感的的基础上开发人机界面。

随着无障碍设施的计算机及家庭机器人、看护机器人的开发，在计算机及机器人领域应用更人性、更直观信息的人机界面开发也得以发展。图 1-4-28 表示的是对于微型机器人的人机界面的建议。它利用人在日常生活中潜意识或习惯性进行的直觉动作，如用手拿来拿去或是用手抓住物品的动作。该系统的特点是具备可将直觉动作与其操纵意图联系起来的意图理解功能，能够在理解操纵者操纵意图的基础上完成各种命令。

对于家庭辅助机器人的人机界面，还提出了主动人机界面的建议。这种人机界面就是在增加用户表情或语音音调高低等信息的基础上，积极获取其他外界信息，然后自发地工作。

今后的人机界面将有无数种可能性，其中一种就是图 1-4-29 所示的具有意图理解功能的系统。该系统不仅考虑驾驶人的操纵信息，还会对外界信息（汽车位置及交通、天气信息）、周围环境信息（有无其他车辆

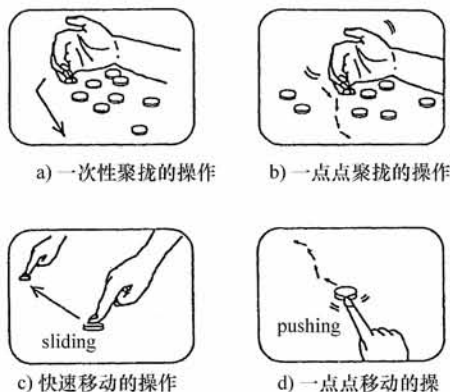


图 1-4-28 直觉操作

或所行驶车道及路面情况)、车辆信息(发动机、动力总成及悬架)、车内信息(乘员人数及室内环境)等多种信息进行综合判断,预测驾驶人正要做什么。然后根据上述预测结果,一边与驾驶人对话一边控制装

置,简而言之就是人机界面系统发挥了相当于飞机中的请示控制中心或通信中心的作用。

在增加新功能的同时,结合全新的人机界面开发,提高传统基本功能的易用性也不可或缺。随着时代的发展,越来越多的人在选择商品时,比起装备多少功能,更重视能够用到多少功能,再加上汽车中引进了许多信息装置,而且还出现了老年用户人群,相信今后对易用性的需求将不断高涨。

但是,如果用户不用装置就无从掌握易用性。因此,为了能够顺利地将开发产品导入市场,亟需在人的身体特性、感觉特性和认知特性的基础上加强诸如外观上的易用性、审美性以及与实际生活一致等软实力领域的潜心研究。

【田中兼一】

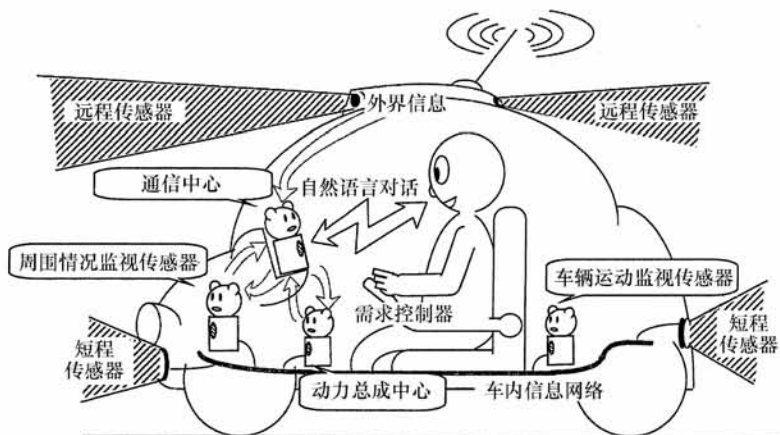


图 1-4-29 今后的人机界面

参考文献

- [1] 須田孝良:自動車エレクトロニクスの展望,自動車技術, Vol.43, No.2, pp.8-14 (1989)
- [2] M. A. アービップ:脳,サイエンス社, p.27 (1978)
- [3] 吉田真:ヒューマンマシンインタフェースのデザイン,共立出版, p.19 (1995)
- [4] 海保博之:認知的インタフェース,新曜社, pp.36-38 (1991)
- [5] G. A. Miller: The Magical Number Seven, Plus or Minus Two: Some Limits on Our Capacity for Processing Information, Psychological Review, Vol.101, No.2, pp.343-352 (1994)
- [6] K. R. Boff: Handbook of Perception and Human Performance, Volume 2, John Wiley and Sons, pp.45-7~45-9 (1992)
- [7] 小松原明哲:対話型システムの認知人間工学設計,技報堂, pp.46-48 (1992)
- [8] 乾敏郎:認知心理学1知覚と運動,東京大学出版会, pp.252-254 (1995)
- [9] J. ラスムッセン:インタフェースの認知工学,啓学出版, p.117 (1990)
- [10] D. A. ノーマン:誰のためのデザイン,新曜社, pp.74-86 (1990)
- [11] 岸浩司:自動車用ナビゲーション画面の視認性検討,自動車技術会学会講演会前刷集 911, pp.379-382 (1991)
- [12] 伊藤真実:ユーザビリティテストのためのプロトコル解析効率化の試み,ヒューマンインタフェース, Vol.17,



- pp.137-144 (1992)
- [13] 桑名栄二：ユーザインタフェースのトレンド，海文堂，pp.12-14 (1996)
- [14] 今井拓司：ユーザインタフェースの開発に「使いやすさの評価」が組み込まれる，日経エレクトロニクス，No.602，pp.75-91 (1994)
- [15] 鈴木主真：ユーザビリティ評価システム，QUIS，第11回ヒューマンインタフェースシンポジウム論文集，pp.747-752 (1995)
- [16] 黒須正明：見かけの使い勝手と実質的使い勝手，インタフェース使用前後における使い勝手評価の変化，第11回ヒューマンインタフェースシンポジウム論文集，pp.731-740 (1995)
- [17] 野村淳二：バーチャルハウジング，日科技連 (1996)
- [18] Tech Briefs : Driving Simulator, Automotive Engineering, July, p.76 (1996)
- [19] 岩田洋夫：仮想物体の把持操作を行うグローブ型フォースディスプレイの開発，第11回ヒューマンインタフェースシンポジウム論文集，pp.395-400 (1995)
- [20] 坂田理彦：認知科学的アプローチによる製品の“わかりやすさ”向上，三菱電機技報，Vol.70, No.8, pp.871-875 (1996)
- [21] 田中兼一：CQ-Xにおける新ヒューマンインタフェースの考え方，日産技報，Vol.38, pp.26-31 (1996)
- [22] 田中兼一：コンセプトカーのインテリアにおける新しいヒューマンインタフェースの考え方，自動車技術，Vol.50, No.7, pp.6-10 (1996)
- [23] 宇津井良彦：ナビゲーションの地図表示における情報認知単位についての一考察，第11回ヒューマンインタフェースシンポジウム論文集，pp.599-604 (1995)
- [24] 水谷芳樹：車載ナビゲーションシステムにおける経路案内技術，三菱電機技報，Vol.70, No.9, pp.953-956 (1996)
- [25] 長谷川公明：人の直観的動作を利用するマイクロロボット群の遠隔操作システム，日本ロボット学会誌，Vol.14, No.4, pp.567-573 (1996)
- [26] 山崎信行：パーソナルロボットのためのアクティブインタフェースの設計と実装，日本ロボット学会誌，Vol.14, No.3, pp.461-469 (1996)
- [27] P. グリーン：将来の自動車のための消費者ニーズ，新技術，ヒューマンファクターおよびドライバ研究，日本機械学会誌，Vol.99, No.926, pp.15-18 (1996)

第 2 章 评价与测量技术

2.1 驾驶的难易度与上下车方便性

2.1.1 概述

从主动安全方面来看，汽车除了要保证驾驶人的驾驶以外，确保驾驶操纵更容易也至关重要。因此，为了能使驾驶人正确地履行认知→判断→操纵的循环，需要考虑驾驶视野与视认性以及易于操纵的驾驶空间与操纵仪表恰当地进行布置。另外，随着今后高龄驾驶人和女性驾驶人的不断增加，如何应对人体功能下降与蹩脚的操纵也变得越来越重要，如何在提高汽车反应等一系列驾驶难易度的同时，改善诸如上下车方便性等的性能，使汽车与人之间构建出更加亲密和谐的关系，已经成为亟需考虑的课题。

a. 视野与视认性

认知是安全驾驶的基础，人们都说驾车时接近 90% 的信息都是靠眼睛获取的，因此确保驾驶视野及视认性·被视认性是帮助认知的第一要务。它主要由以下六项构成：

- 直接视野（前方、侧方、后方）。
- 夜间与雨天视野（车灯等）。
- 间接视野（后视镜等）。
- 视认性（控制、显示器等）。
- 被视认性（尾灯等）。
- 车辆前后方周边的距离预测难易度。

下面对直接视野、夜间与雨天视野、视认性及车辆前后方距离预测的难易度进行简要说明。

(i) 直接视野 直接视野可以按照驾驶人视线方向分成前方视野、侧方视野和后方视野，通常行驶时容易出现问题的是前方的左右视野。日本汽车研究所进行的视野调查

结果显示，对于乘用车而言，视觉对象的分布范围非常广，可以覆盖从直行时的右 18° 到右转时的右 75°。虽然最理想的状态就是不在这个范围内设置 A 柱等结构，但是，从整车结构上来看，这是非常困难的。因此，就需要瞄准障碍感较低的结构布置和形状展开研讨。

驾驶人用双眼观察外界并确认可视对象，因此最好能用双目障碍角来评价障碍感，该思路与法规密切相关。自美国提出“直接视野”（MVSS 128，1981 年 6 月废除）并规定了双目障碍角以后，它一直作为参考依据，直到又出现了新的 SAE 草案 J1050。该草案采用了比 MVSS 128 更加简单的双目位置定义，后来发展成了实际应用时用于研讨视野的新思路。（参见下文 2.1.2a. 直接视野）。另外，CAD 身为研讨直接视野的一种工具不断发展，而它的进步也促使在图样阶段研讨直接视野成为可能。

(ii) 夜间与雨天的视野 确保夜间与雨天的视野，不光要覆盖可视范围，还要保证视野容易看清。如果做不到这一点，就很难在短时间内识别出可视对象。特别是考虑到今后视功能下降的老年驾驶人数量将不断增加，因此在这方面的期待将不断高涨。

(iii) 视认性 确保控制器、显示装置的易视性是不分散驾驶人注意力的重要手段。特别是伴随近年来导航、车载电话等车内信息装置的增加，怎样才能利用主要驾驶操纵的间歇，安全、正确地读取控制器、显示器等装置上的信息变得更加重要，而且，这对不善于进行车内观察或同时处理多个问题的老年驾驶人来说，的确是切实存在的问题。



从安全视认的角度考虑,缩短控制器、显示器的视认时间能够更好地保证有充足的时间来把握前方、后方与侧方的交通情况,因此就要从布置、种类、对比度、信息量以及信息内容等方面综合考虑。研讨这些课题,不仅需要尽量在自然状态下解析驾驶人的视线,还要采用适合老年人视功能减退(调节能力、对比敏感度周边视野等)的布置。视线测量、调节测量以及老年人的视功能仿真等都是需要展开的研讨课题。

另外为减轻查看控制器、显示器等装置时的精神负担所展开的评价也是以导航和娱乐装置为主进行的,同时包括生理学上的方法(例如心跳次数、呼吸次数、脑电波、出汗等)以及心理学上的方法(例如 NASA-TLX、SWAT 等对心理负担的主观评价方法和语言协议解析法等)。

(iv) 预测车辆前后方周边距离的难易度 预测车辆前后方周边距离的难易度就是指汽车低速穿过狭窄道路或汽车入库等性能,乘用车则希望能够清楚地看到发动机舱盖及行李箱盖。这在越来越流行圆润风格的车身造型的当下,也已经成为一项重要性能。当然,从车辆操控本身来说,能否轻松地找准整车感觉与最小转弯半径、转向盘角等密切相关。

b. 操纵性

要想正确恰当地驾驶汽车,就要求驾驶人能首先根据眼睛获取的车辆外部信息(视野等)和内部信息(显示器等)快速、准确地做出判断后再进行操纵。

为了让汽车更容易操纵,就要从操纵装置的布置及操纵空间、操纵感等方面综合考虑以下内容。

① 布置、操纵空间。确保肌肉负担较小的舒适驾驶姿势;不与其他零件干涉;能切实地进行操纵。

② 操纵感。合理的操纵力或其形状易于操纵;容易感知整车举动。

(i) 布置与操纵空间 一直以来,汽车设计者在布置与操纵空间的研讨上做了许多尝试,比如利用 3D 人体模型表示出肌肉负担较小的关节舒适角度,并根据这个角度研讨操纵装置的合理布置;或是通过模拟驾驶人操纵时上肢、下肢的动作,研讨是否与其他零件干涉等。此外,为了能够切实地操纵,不仅要根据传统的日常驾驶时的驾驶姿势进行研讨,还要着眼于紧急回避时的驾驶姿势展开研讨。

(ii) 操纵感 操纵装置是驾驶人和车辆的重要接口,为了能够快速、准确地传递驾驶人意图,就需要合理的操纵力和形状。反过来,也需要能将车辆对驾驶人操纵和地面输入的反应传递给驾驶人(即路感)。基于上述观点的操纵感测量技术的典型例子就是用位于转向盘或球形灯罩内的压力传感器,先测出操纵转向盘时的压力,然后再分析转向盘便于握住的外形及转向反力。

c. 上下车方便性

随着老年驾驶人和女性驾驶人数量的不断增加,保证上下车方便性变得越来越重要。另外从碰撞安全应对形势日趋严峻的角度考虑,也需要进一步提高车身强度,降低乘员伤害值。因此,除了要确保传统的地板高度、行李箱高度、上边梁高度、车门护板至中立柱的尺寸等与上下车方便性有关的尺寸以外,还要面向有利于老年驾驶人、女性驾驶人等更多用户上下车,并且具有更高碰撞性能的室内空间展开研讨。为此要研究有利于上下车的乘员动作、姿势,同时还要兼顾生存空间,明确有利于上下车的空间。基于三维动作解析装置的人体动作分析以及利用 3D 人体模型的上下车动作仿真都是目前正在不断尝试的方法。

2.1.2 视野与视认性

a. 直接视野

(i) 思路 直接视野大致可分为前方视



野、侧方视野和后方视野三类。视野性能和视野范围都是驾驶时的重要因素，本书1.3.2小节中的表1-3-3表明了影响视野的主要整车要素。本节将选取日常行驶中非常重要的前方左右视野为例进行说明。

日本汽车研究所以驾驶人眼部为基准，调查出了乘用车在直行及左右转弯等工况下的注

视点分布及重要视觉对象将出现的位置，求出了重要视线范围。图2-1-1为左右转弯实例，通过该例子可知重要视线范围是向右 75° 、向左 57° ，要比重要视觉对象（行人、自行车等）的分布更广。虽然最理想的情况是不在该范围内设置任何可能妨碍视线的结构，但从整车结构考虑这是非常困难的。

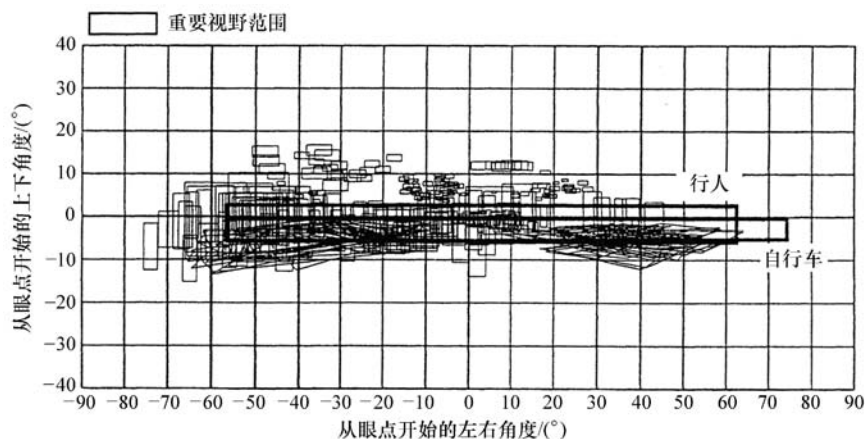


图2-1-1 视觉对象的出现位置与重要视野范围（乘用车）

影响前方左右视野的主要结构是前立柱。特别是位于驾驶人一侧立柱的位置和宽度，会影响在交叉路口左右转弯或在弯道行驶时发现行人或下落物体等外界视觉对象，因此需要探讨如何才能减少这种障碍感。由于驾驶人是靠双眼把握视觉对象，最好能用双目障碍角来评价前立柱所带来的视觉障碍。该思路因美国直接视野法案（FM-VSS128，1981年6月废除）而普及。在1993年11月提出的SAE标准J1050（草案）中更加简单的定义了双目位置。

SAE标准J1050（草案）不仅定义了双目位置、视野与头部旋转等诸多事项，还规定了前立柱及内后视镜的位置及转向所引起的仪表视认性障碍等内容，图2-1-2和图2-1-3为前立柱的设计思路。图2-1-3为前立

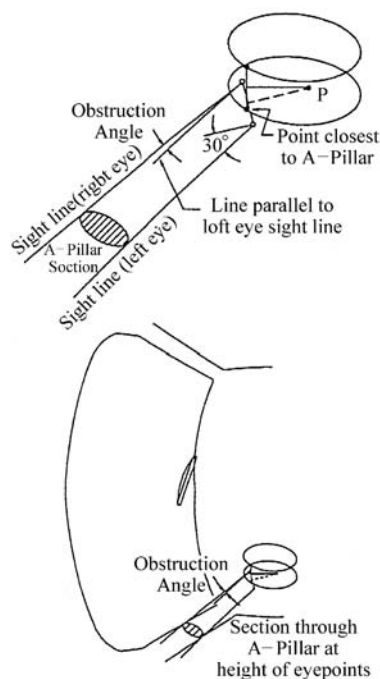


图2-1-2 视野障碍的思路



柱位置、驾驶人双目位置及视野与头部旋转的关系。当驾驶人一侧立柱位于 30° 以内时,可以用双眼的位置、视野来考虑;而当副驾驶一侧立柱位于 30° 以外时,则要在前者基础上考虑头部旋转。这不仅符合实际的驾驶视野,而且作为非常具有现实意义的直接视野研讨方法也将成为今后有力的参考。

前立柱身为结构强度部件肩负重任,而且美国还对碰撞时乘员伤害进行了规定(FMVSS201),因此今后还要进一步探讨如何才能推动视野障碍与强度、碰撞要求共同发展。

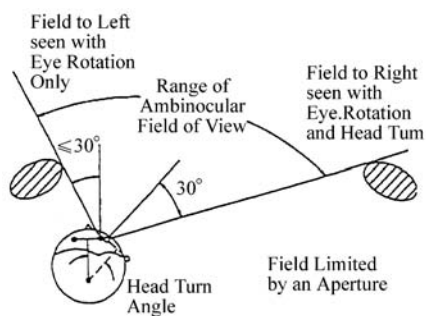


图 2-1-3 前立柱位置的研讨方法
(SAE 草案 J1050)

(ii) 与造型融合 直接视野很大程度依赖于整车的外形风格,因此在造型初期确定外形风格前,就要研讨是否满足视野要求。而且,在制作等比例实物模型前的图样阶段,还要检查驾驶人眼部所看到的视野,然后再反馈给造型设计人员。此时利用 CAD 进行图样研讨非常有效。

图 2-1-4 和图 2-1-5 表示的是利用 CAD 研讨驾驶人眼部看见的前方情况。图 2-1-5 表示现实环境中的车辆、行人及信号灯等可视对象会出现的位置。据此,就能掌握前立柱、顶棚会对上述视觉对象造成怎样的遮挡,可尽早地考虑前立柱的位置和粗细等。虽然上述内容都是基于单眼视野的研讨,但是今后在 CAD 的研究中将会导入更加符合现实视认方法的双眼视野研讨,不断提高精度。



图 2-1-4 视野的 CAD 研讨举例

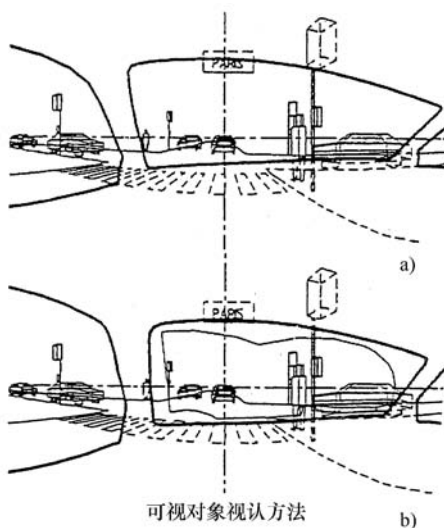


图 2-1-5 基于 CAD 研讨可视对象视认方法的举例

b. 预测车辆前后方周边距离的难易度

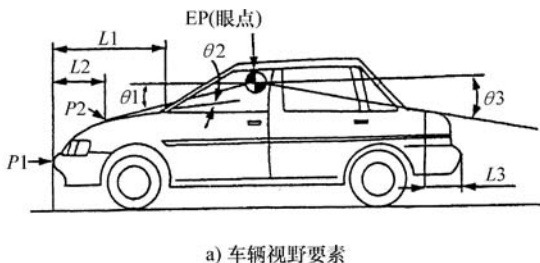
(i) 思路 当遇到汽车入库等需要低速通过狭窄区域或需要同时预测车辆与附近障碍物之间的间隔边行驶的情况时,预测车辆前后方周边距离的难易程度就变得至关重要。

为了能更容易地抓住整车感觉(更加轻松地找准车辆前后方周边的距离感),最希望的就是能看到发动机舱盖和行李箱盖的边缘。但是,由于无法看见最前端和最后端,无论如何都会产生相对于发动机舱盖的不可视距离(看不见发动机盖的距离)。根

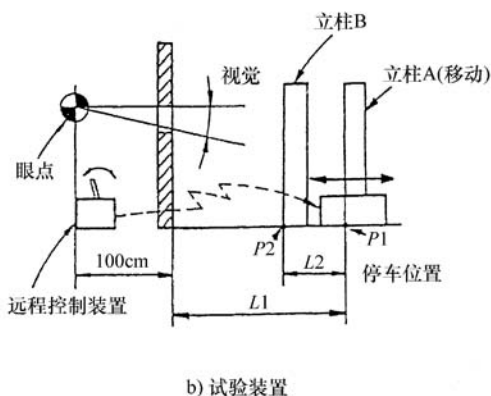


据基础的台架试验可知,能否轻松找准整车感觉与发动机舱盖的不可视距离、驾驶人视线和发动机舱盖夹角以及能否轻松找准发动机舱盖的可视点(要靠点、线来看)密切相关。

下面就详细说明关于发动机舱盖不可视距离的影响。图 2-1-6b 是模拟图 2-1-6a 中车辆视野要素的试验装置, $L1$ 表示发动机舱盖长度, $L2$ 模拟发动机舱盖的不可视距离。图 2-1-7 表示求得的立柱 A 的停车误差,该停车误差是指事先记住 $L1$ 、 $L2$,当改变 $L2$ 时,还能多大程度地正确预测 $L1$ 。通过该图可知,停车误差几乎不会因 $L1$ 而变化,但是如果 $L2$ 变大,那么停车误差也会变大,也就是说来自发动机舱盖的不可视距离的影响很大。上述内容可以通过双眼视线的进深知觉得以说明。



a) 车辆视野要素



b) 试验装置

图 2-1-6 模拟车辆视野试验

预测车辆后方周边距离的难易程度会受到图 2-1-8 中的行李箱盲区长度(行李箱盖看不见的距离)和后方俯角的影响,行李箱盲区越短、后方俯角越大,越容易把握车辆后方的距离。

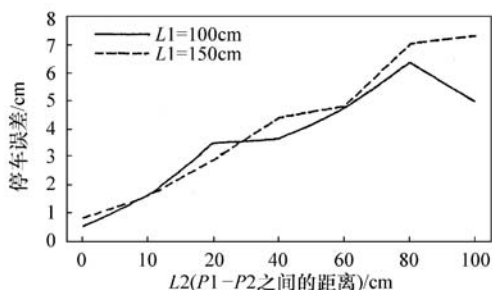


图 2-1-7 发动机舱盖不可视距离的影响

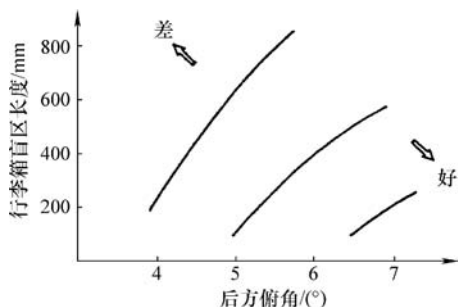
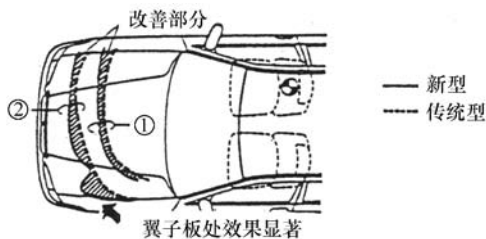


图 2-1-8 预测车辆后方周边距离的难易程度

(ii) 向造型融合 为了尽量减小车辆前后看不见的部分,同时实现美观的外形风格,与直接视野的研讨相同,需要在造型的初期阶段用图样研讨图 2-1-9 和图 2-1-10 显示的通过驾驶人眼睛看见的发动机舱盖、行李箱盖并反馈给造型设计人员。



容易确认的翼子板上端(轿车)

图 2-1-9 预测车辆前方周边距离难易程度的造型举例

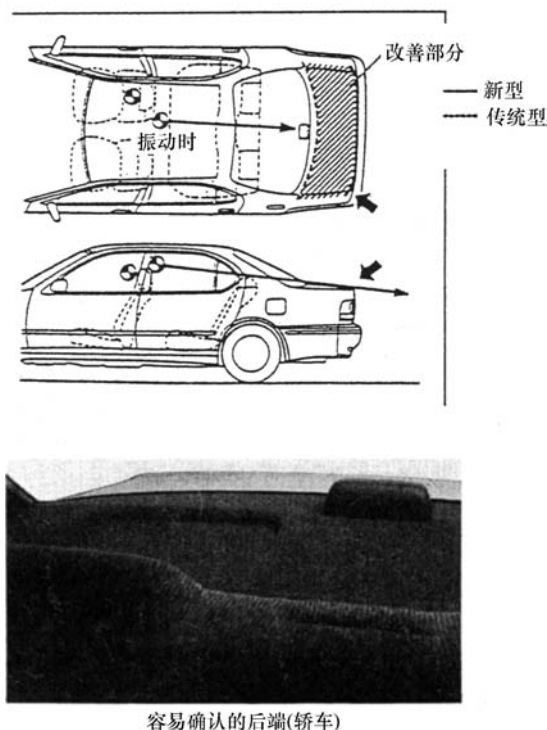


图 2-1-10 预测车辆后方周边距离难易程度的造型举例

c. 视认性

(i) 思路 在安全驾驶的基础上，驾车过程中最重要的就是正确把握前方及侧方的交通情况，据说驾驶人收集车辆周边信息的时间，实际上每看一次也就 1~2s (图 2-1-11)。因此，要求可显示车辆周围信息的显示器装置能够在有限的时间内，尽可能快速、准确地读取信息。

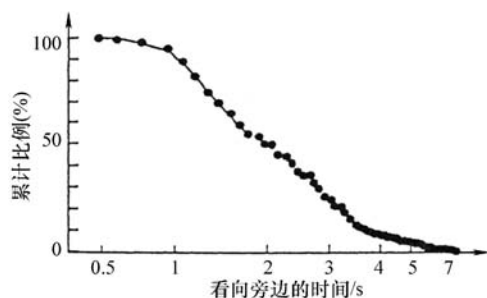


图 2-1-11 看向旁边的时间累计比例

为了能够在有限的时间内，快速准确地读取信息，需要合理地布置显示器等装置并适当地控制显示信息的尺寸、数量以及对比度等。但是，随着近年来车载信息装置和老年驾驶人的不断增加，不仅需要结合驾驶人的实际视认行为展开研讨，还需要对视觉特性（调节能力、对比度、周围视野等）展开研讨。下面就介绍一下相关的评价与测量技术。

(ii) 视线测量 为分析驾驶中的视认行为，迄今为止在测量驾驶人视线方面所做的尝试不胜枚举。例如图 2-1-11 就是先在车内的某一点（显示装置或仪表板中央）黏贴目标标记，然后通过不断凝视这些标记，用 EGO (elector - oculogram) 测出未感到不舒适的看向别处的时间，此外，还有利用眼部照相机测量注视时间。从分析自然视认行为的观点来看待这些测量方法，EGO 的不足之处就在于它只局限于靠视线移动才能看见的视觉对象，而且还要在眼部周围黏贴电极非常麻烦。另外，眼部照相机大部分都安装在头部，容易出现安装后不适或是妨碍视线等问题。

为解决上述问题，近来广泛普及的方法就是根据驾驶人的脸部图像进行视认行为分析。它通过设置在可见视觉对象位置上的 TV 照相机拍摄驾驶人脸部，然后利用 VTR 传送分解图像并解析注视时的脸部图像时间。使用该方法，虽然视觉对象只能限定在若干处，但因它是无约束的形式，能够观察到自然的视认行为。图 2-1-12 和图 2-1-13 是使用方法，围绕车内控制及显示器的视认行为所展开的调查研究。通过测量视认比例和视认时间，对导航中的 3 路径导航法 (instruction, map/note, route guidance) 进行了研讨。

但是这种方法也存在难点，比如边用 VTR 传送分解图像边解析所需的时间和解析人员的视觉，负担很大，另外对视认时间



的客观定义也不明确。近期开发出了能解决上述问题的视线测量系统,利用的就是画面解析技术。它首先对脸部图像进行二值化处

理,找出眼睛的特征点,再自动计算视线方向(图2-1-14~图2-1-16)。图2-1-17就是利用该装置的测量实例。

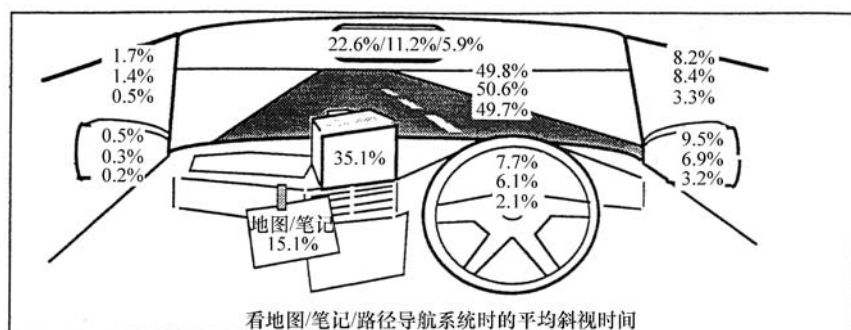


图 2-1-12 驾驶中对视觉对象的视认比例

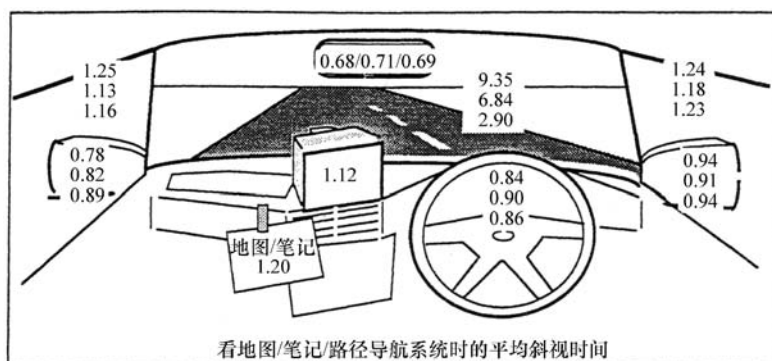


图 2-1-13 驾驶中每次的视认时间

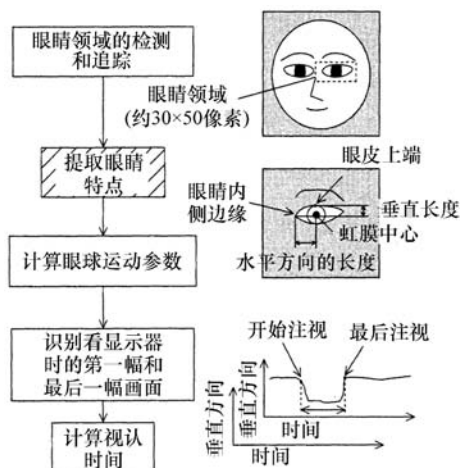


图 2-1-14 通过输电网和配电网的发电到用电:电力系统图示介绍

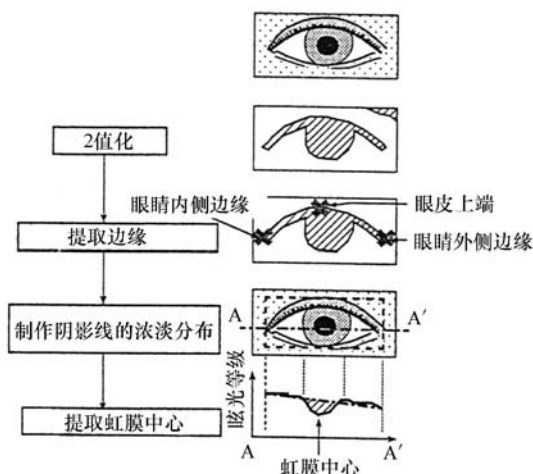


图 2-1-15 提取眼睛特点的方法

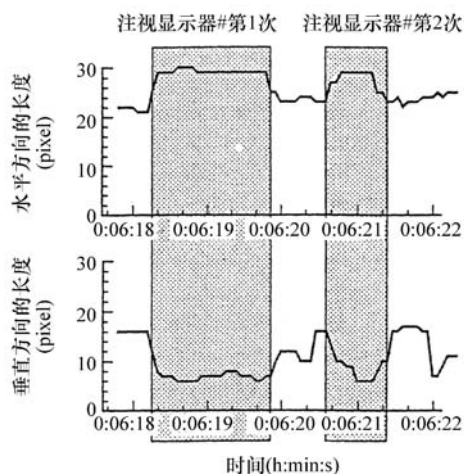


图 2-1-16 视认时间的测量举例

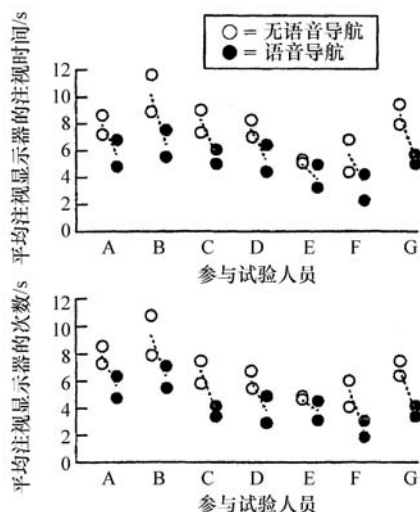


图 2-1-17 视认导航时的应用举例

这种无约束形式的装置能够保证在与平时驾驶环境相同的状态下,对驾驶人的自然视认行为进行测量和解析,而进一步发展的技术将能在远距离捕捉眼球、瞳孔的图像,然后通过图像处理测量视线移动,未来终将发展成能在驾驶环境下进行测量的技术。

(iii) 调节测量 除了与(ii)视线测量有关的眼球运动以外,眼睛的主要功能还有调节反应和瞳孔反应等。特别是调节能力,虽然存在个体差异,但是随着年龄增

长,调节能力下降(老花眼)会非常明显(图 2-1-18),因此需要考虑显示器等装置的显示距离。

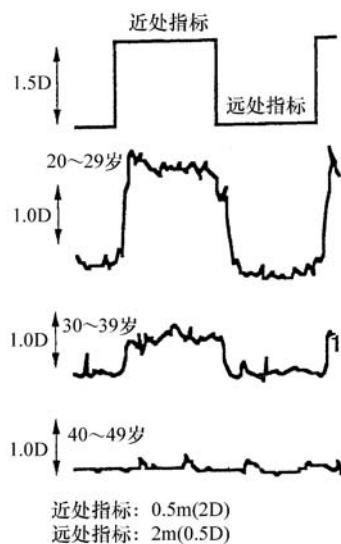


图 2-1-18 年龄导致的调节应答差异

最近出现了能够同时测量视线、调节方式与瞳孔的装置(图 2-1-19)。有报告指出,已经使用该装置确认了平头显示器(HUD)对前风窗显示信息的视认性效果。根据图 2-1-20 可知,在远处或上方显示的平头显示器在调节和视线移动方面的性能比传统的仪表板显示器更好。目前,实现小型化的装置已开始在室内环境下进行试制和试运行,今后将会进一步应用到实际驾驶环境下的视功能研究当中。



图 2-1-19 同时测量视线、调节方式、瞳孔的装置

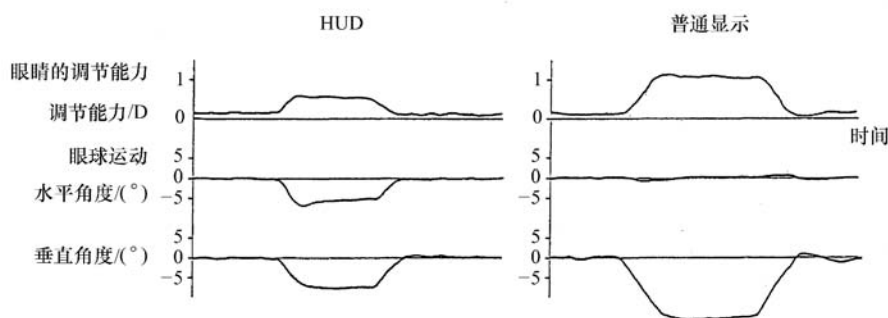


图 2-1-20 视认 HUD 时的应用举例

(iv) 老年人的视功能仿真 以平视显示器为首,用于弥补老年驾驶人视功能下降而开发的控制、显示类装置才刚刚开始。但是,考虑到驾驶人人群的老龄化,势必要采取更加全面的举措。由此可见,着眼于老年人固然重要,但是在企业内部让老年人本身参与试验进行研究也是困难重重。近年来以建筑行业为首,不断尝试着模拟、体验老年人身体功能和视功能,然后把握、分析老年人觉得勉强的动作和认知内容,旨在找出改善方针,而在汽车行业也围绕视功能开展了多项尝试性的研讨。

体验老年人视功能的方法有两种,一种是让实际接受试验的人员佩戴能够体验老年人视功能的眼镜等装置,另一种方法则是客观地表示老年人的视认方式。下面将分别说明。

老年人视功能下降,有的是调节能力下降或晶状体浑浊等视网膜前端的光学系统而引起的,有的则是对比敏感度下降等视网膜后部的神经系统引起的。

第一种方法是基于视力会随调节能力和神经系统的衰老而下降的指标得出的。这是利用佩戴合适的视力检测镜片(图 2-1-22),模拟和体验中老年人视力(图 2-1-21)的一种尝试,而围绕文字尺寸所进行的研究也正处在试行阶段(图 2-1-23)。

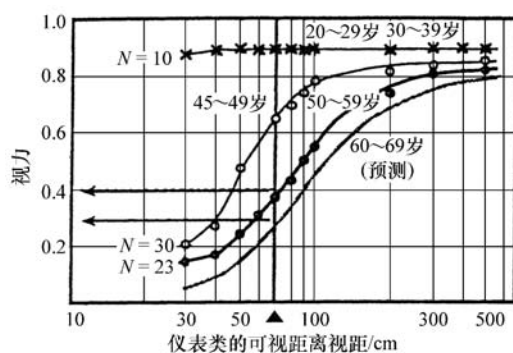


图 2-1-21 中老年人的视力变化

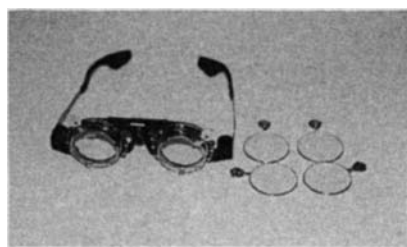


图 2-1-22 视力检测镜片和框架

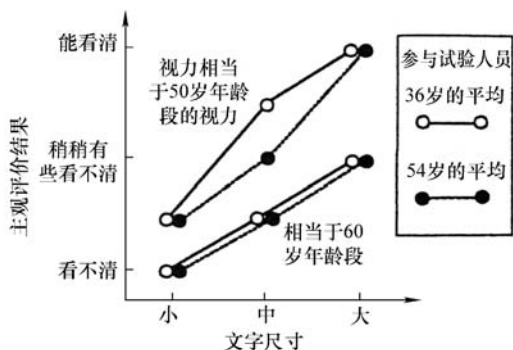


图 2-1-23 采用视力检测镜片的视认性评价结果



第二种方法是通过灵活运用图像处理方法，把因神经系统老化导致对短波光长的敏感度下降（图 2-1-24）、对高空间频率的敏感度下降（图 2-1-25）和光学系统产生的散射光可视化，为了能够客观地审视高龄者对显示器的视认方式进行的一种尝试（图 2-1-26）。

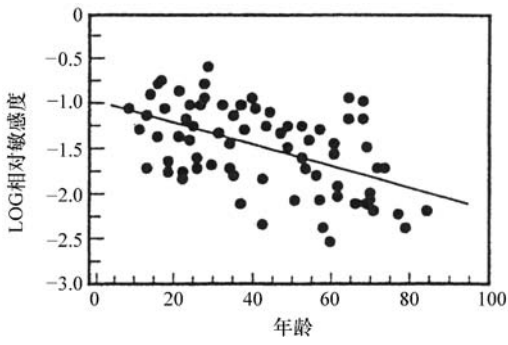


图 2-1-24 对于短波长光的敏感度下降

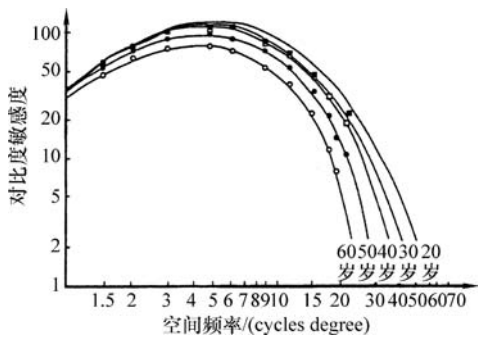


图 2-1-25 对于高空间频率的敏感度下降

虽然这些举措仍处于试行阶段，但是这不仅能够覆盖老年试验人员不足，还能通过让研究人员切身感受老年人难以看清的真实感受，从而有力地促进实际开发。

(v) 精神负担 从减轻视认控制、显示装置时的精神负担的角度出发，认知评价要以导航和娱乐系统为主展开，方法包含生理学上的方法（心跳次数、呼吸次数、脑电波、出汗等）和心理学上的方法（NASA-TLX、SWAT 等心理上工作负担量的主观评价法和口语报告解析法等）。

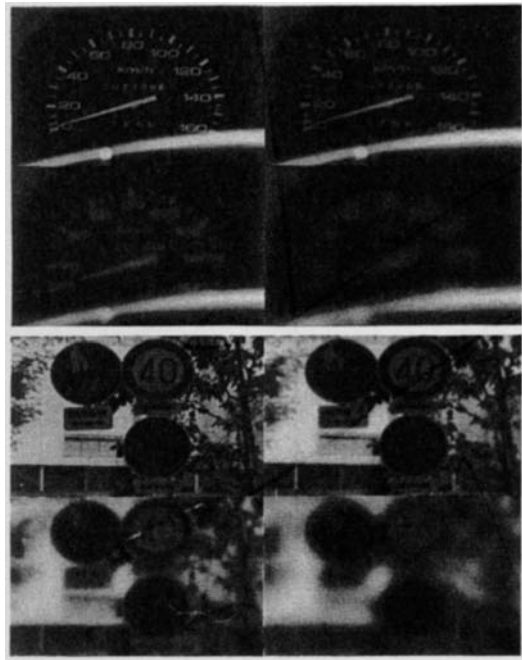


图 2-1-26 高龄者的视觉仿真画面

2.1.3 操纵性

a. 操纵装置的布置与操纵空间

(i) 思路 考虑操纵装置的布置和操纵空间时，主要有如下三大关键点。

第1点是操纵装置的布置要能保证各种模式下进行操纵时的姿势都是能保持肌肉负担小并且舒适的姿势。第2点是布置时要考虑周围的操纵空间，确保操纵时不与其他零件干涉。这两点中的任何一点都是设计室内空间的最基本思路，而且 SAE J287（手控制区域）、SAE J1052（驾驶人及乘客头部包络）以及 SAE Recommendation 中都记录着基于该思路的要求（图 2-1-27）。但是这些要求的根据都是过去的统计数据，可能会受那个时代人体尺寸或整车参数的影响。另外研讨布置时还要考虑民族差异。因此，今后可能还要回归到诸如人体尺寸或舒适关节角度等基本出发点展开研讨。

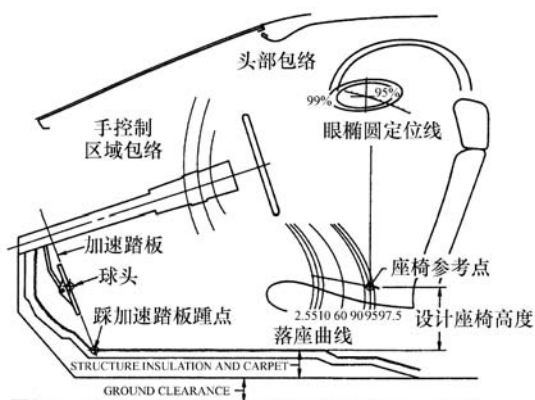


图 2-1-27 SAE 的人机要求

第 3 点是从主动安全的角度考虑, 无论对身材矮小还是身材高大的驾驶人来说, 都要能保证驾驶人切实地进行操纵。身处这一领域, 可确保充分驾驶视野的转向盘或座椅位置 (图 2-1-28), 及紧急情况下也能保证操作的转向盘布置上 (图 2-1-29) 都是今后重要的研讨课题。

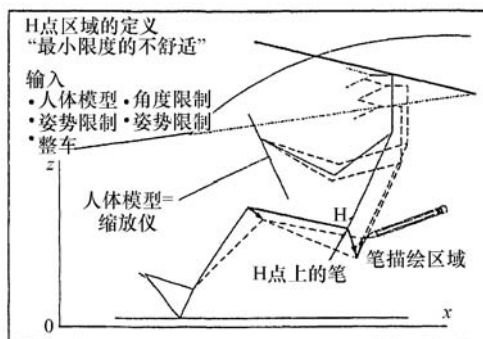


图 2-1-28 视野性能和驾驶姿态

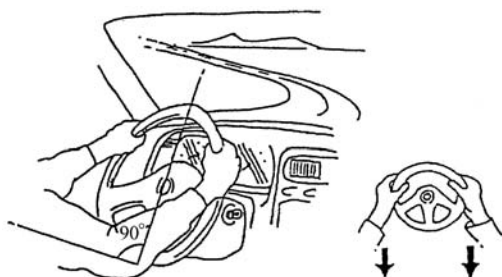


图 2-1-29 实现切实操作的手臂姿势

基于上述观点可知, 根据驾驶人 3D 人体模型和舒适驾驶姿态进行布置与考虑人体动作特性研讨操作空间变得越来越重要, 下面将展开具体说明。

(ii) 舒适的驾驶姿态 一直以来, 围绕舒适的驾驶姿态展开了多项研究。为了研讨踏板、转向盘的最优布置, 首先通过调整他们的位置关系使实际接受试验的人员保持舒适的驾驶姿态, 然后再调查此时人体各部位的关节角度 (图 2-1-30, 图 2-1-31)。结果表明, 对于臀部或膝盖等靠近身体躯干的关节角度, 各项调查结果均显示出相同的趋势。

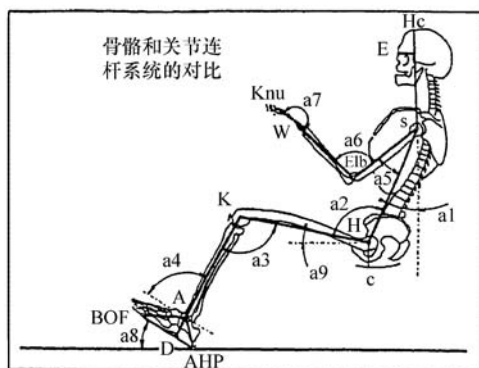


图 2-1-30 驾驶姿势中的关节角度

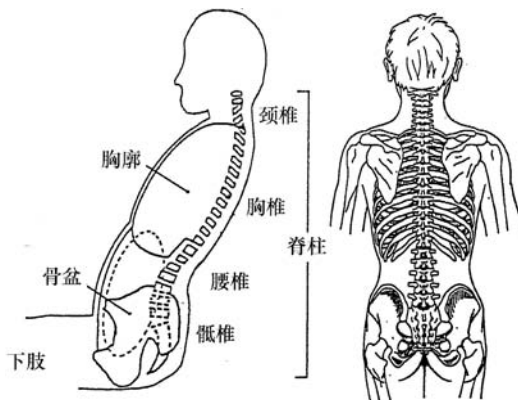


图 2-1-31 驾驶姿势的关节角度比较

近年来从关节力矩或肌肉张力等生物力学角度解析上述驾驶姿态的研究很多。图 2-1-32 就是通过刚性连杆模型描述出人体

各部位，再用力矩评价各关节承受负荷的一种尝试，图 2-1-33 是使用上述方法得到的落座姿态结果与肌电位测量结果的比较。图 2-1-34 表示使用刚性连杆模型和力矩

平衡预测得出的背部张力，说明决定驾驶姿态中的靠背角时要尽量减轻身体的内部负荷。全新的解析方法有利于今后阐明舒适姿态现象。

另外得益于近年来计算机的发展与普及，汽车公司与座椅供应商开发出了 3D 人体模型。利用该模型可代替实际人体，在计算机中再现操作装置时的姿势，从而根据操作时的关节角度是否处于舒适范围展开操作装置的布置（图 2-1-35 ~ 图 2-1-37）。



图 2-1-32 人体连杆模型举例

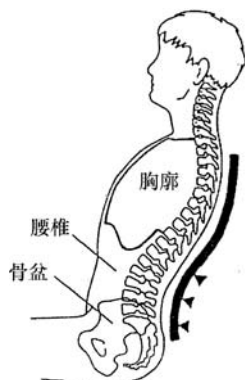


图 2-1-33 基于关节力矩与肌电位的负荷预测



图 2-1-34 基于背部肌肉张力的姿势评价

肌肉骨骼模型描述全身后，通过二者的关节

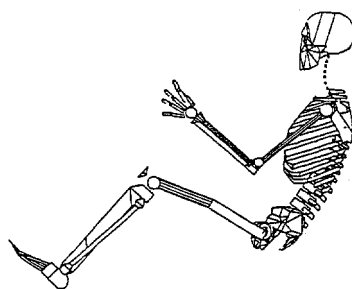


图 2-1-35 3D 人体模型“JOHN”

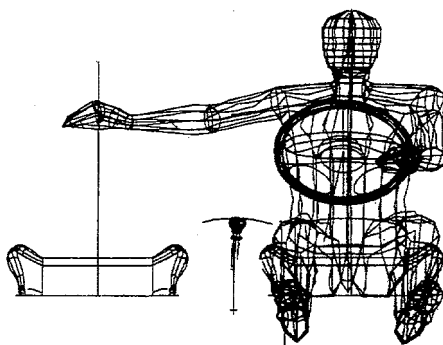


图 2-1-36 3D 人体模型“RAMSIS”

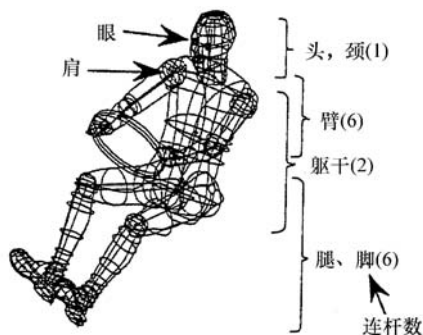


图 2-1-37 3D 人体模型（丰田）



(iii) 操纵空间 近年来,从碰撞安全的角度出发,乘员保护的应对水平超出以往,而且在室内空间领域,车门护板和仪表板还出现了外伸的趋势。这就要求我们对生存空间与驾乘空间进行研究。基于上述观点可知,虽然 SAEJ1521 中规定了膝盖包络的定义(图 2-1-38),但是今后还是需要按照车辆的具体尺寸展开详细研讨。这里,我们将以利用 3D 人体模型研讨操纵空间为例展开说明。

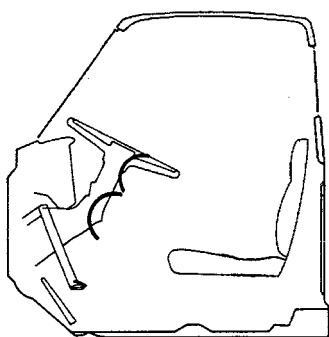


图 2-1-38 膝盖包络 (SAE J1521)

图 2-1-39 表示的是关于转向盘操纵空间的研讨范例。在图 2-1-40 中的上肢连杆模型中,根据“人体降低负荷高效实施动作”的指导思路,利用关节角度偏差综合最小模型求出了具有长度特性的肘部位置:

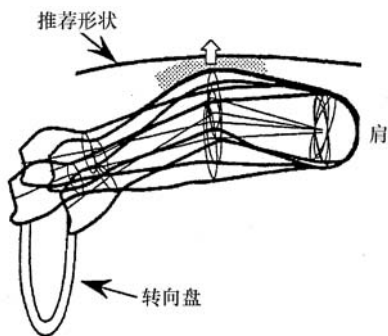


图 2-1-39 操纵转向盘时的工作空间

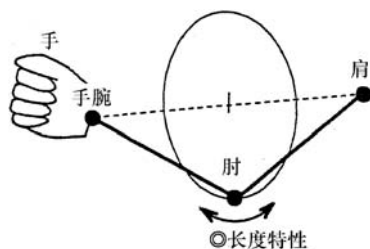


图 2-1-40 手臂的长度特性

$$\sum C_i |\theta_i - \theta_{mi}| \rightarrow \min$$

式中 θ_i ——各关节角度;

θ_{mi} ——关节角度的中间值;

C_i ——权重系数。

根据以上结果可知,布置车门护板时如果能避开操纵转向盘时的肘部位置就能够做到兼顾驾乘舒适性和碰撞安全性。

图 2-1-41 表示的是离合器踏板操纵空间的研讨范例。由图可知,仪表板的布置需要避开操纵踏板时的膝盖位置。

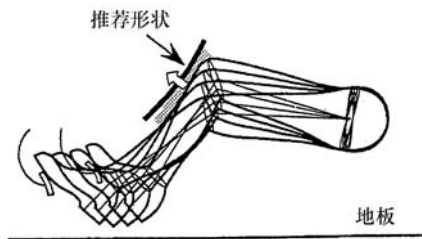


图 2-1-41 操纵踏板时的工作空间

虽然目前这些研讨仍处于试运行阶段,但是如果今后能够实现在 CAD 中的研讨,那么就能够在整车开发的初期阶段开始考虑操纵空间。

b. 操纵装置的操纵感觉

(i) 思路 操纵装置是联结驾驶人与车辆的重要接口。换句话说,为了能够快速准确地传达驾驶人意图,就需要操纵力和操纵外形容易施力,反过来,还需要能够满足易于感知车辆对自身操纵或路面输入做出的反应的操纵反力和外形。在(ii)中,将基于上述观点,以转向盘为例阐述操纵感觉的测量技术。



(ii) 操纵感觉的测量技术 本节将围绕容易施力的外形和易感知车辆反应的转向力矩来阐述相关的测量技术。

人们日积月累地不断探求传统使用工具上的易用性,已经找到了答案。图 2-1-42 表示各种工具手柄的纵向直径和横向直径,可知横、纵均约为 30mm,而且纵向长度上是椭圆形的手柄最多。研究转向盘操作时的容易抓握形状,首先要在转向盘上安装触觉传感器(图 2-1-43),然后再调查抓握时手的表面压力分布,可知运动型汽车的转向盘与平头型汽车的转向盘的手部表面压力不同(图 2-1-44)。根据该结果得出的适合抓握的形状如图 2-1-45 所示。

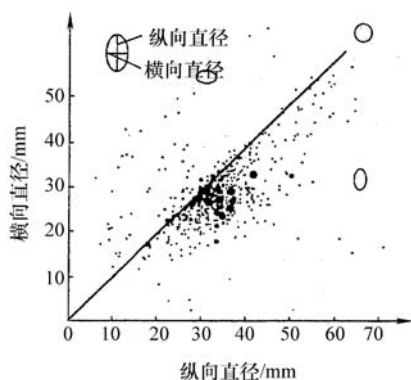


图 2-1-42 工具的手柄尺寸和形状

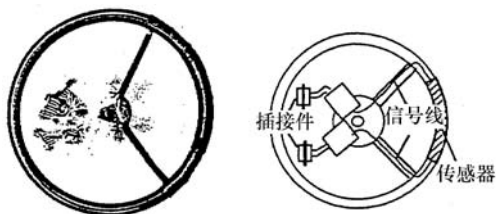


图 2-1-43 触觉传感器

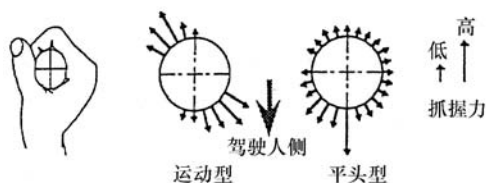


图 2-1-44 表面压力分布

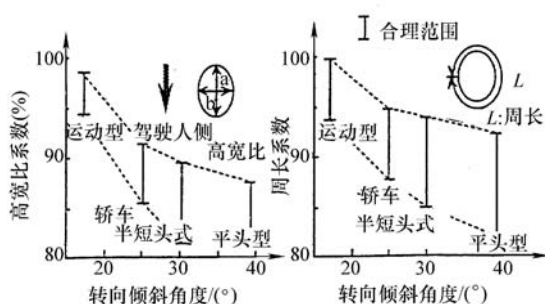


图 2-1-45 适合抓握的形状

有报告指出,研究转向感就是使用带有感觉压力传感器的手套(图 2-1-46),调查各手指上的操作力(图 2-1-47)。结果表明,转向角、转向力矩和中指、食指操纵力的时间过程非常相似,今后,这种研讨合理转向扭矩的方法将进一步发挥作用。

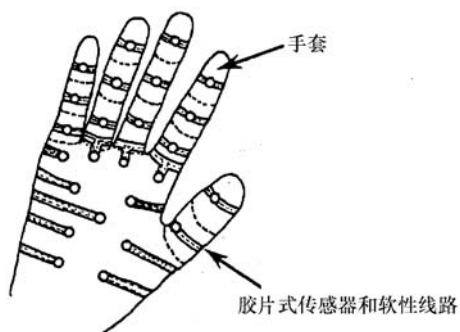


图 2-1-46 感觉压力手套

2.1.4 上下车方便性

(i) 思路 研讨方便上下车的室内空间,主要有两种方法。一种是选取和上下车方便性密切相关的整车尺寸,定量地找出上下车方便性评价指数所要求的整车尺寸标准,另一方法则是定义上下车方便的乘员动作和姿势,将上下车方便性所需空间作为动作空间求出来,这种方法是一种以乘员特性为基准的定量化方法。任何情况下,解析上下车动作并求出上下车时头部、腰



和记录动作数据，并用 CG 表现上下车动作（图 2-1-52）。

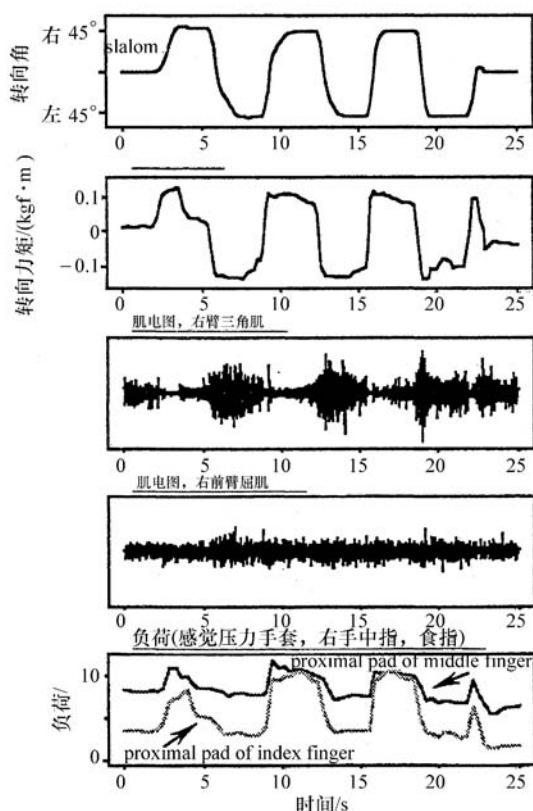


图 2-1-47 采用感觉压力手套测量的举例

部、膝部的最大位移和舒适的关节角度都非常重要。

(ii) 动作测量技术 测量乘员的上下车动作通常先利用顶棚、立柱、地板等车身体部位灵活可变的桁架模型执行真实的上下车动作（图 2-1-48），然后再用 3D 动作解析装置测量动作。

图 2-1-49 和图 2-1-50 就是利用这种装置，按照不同的身高求出的通过上边梁时的臀点距地面的高度与舒适的弯腰角度、颈部弯曲角度之间的关系。图 2-1-51 是基于这些特性定义的方便上下车的姿势，通过这些不同人体尺寸下表现出来的姿势，能够更加符合现实地设计出上边梁等开口部所需的工作空间。今后将进一步尝试通过详细地解析



图 2-1-48 使用桁架模型测量动作的情景

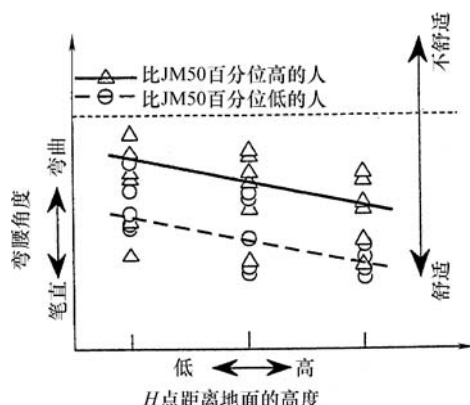


图 2-1-49 测量弯腰角度的举例

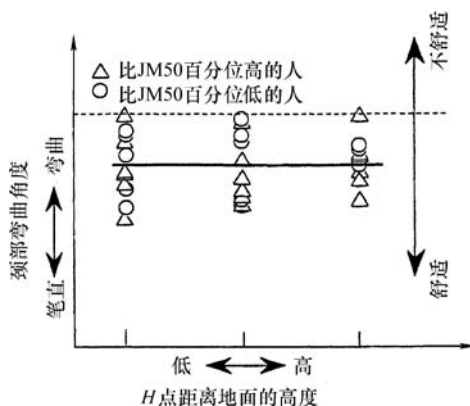


图 2-1-50 测量颈部弯曲角度的举例

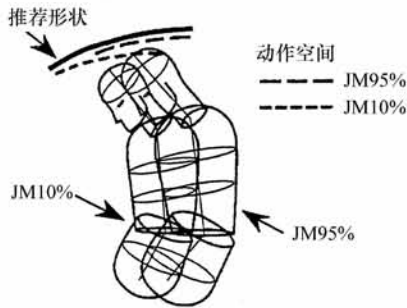


図 2-1-51 上下車所需的動作空間

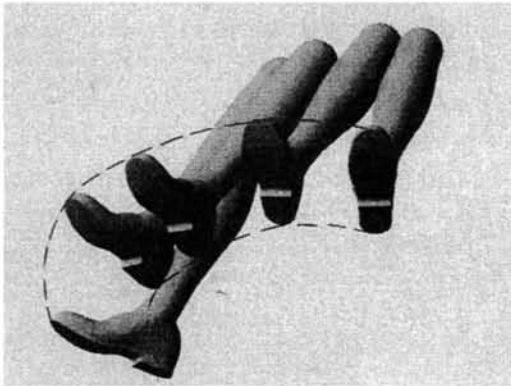


図 2-1-52 下肢動作の CG 表示

【木村賢治】

参考文献

- [1] 大澄義正：運転視界，トヨタテクニカルレビュー，Vol.45, No.1, pp.20-23 (1995)
- [2] 財団法人自動車研究所：トラック・バス視界の研究，平成4年度自工会受託研究報告，p.41 (1993)
- [3] Describing and measuring the driver's field of view, SAE Draft J1050, pp.1-24 (1993)
- [4] 特集 EWS 導入を機に次世代 CAD へ走り出す自動車会社，日経 CG，2月号，pp.14-29 (1992)
- [5] R. Rebiffe et al. : Evaluation des Conditions de Vision a Bord des Voitures Particulières, SIA Congress International, No.91225, pp.11-15 (1991)
- [6] 斎藤友子ほか：車両感覚のつかみやすさと距離感覚，日産技報，第26号，pp.86-92 (1989)
- [7] Exterior 高い使用性・視認性，トヨタプレスインフォメーション ビスタカムリ，p.10 (1994)
- [8] 木村賢治ほか：自動車用ナビゲーションシステムの人間工学的研究，日本機械学会第2回交通物流部門大会講演論文集，pp.503-508 (1993)
- [9] G. E. Burnett et al. : An Investigation of the Man-Machine Interfaces of Existing Route Guidance Systems, Proceedings of the IEEE-IEE Vehicle Navigation and Information Systems Conference, pp.238-241 (1993)
- [10] 波田英輝ほか：運転者の視認行動分析—道路環境及び室内表示位置が及ぼす影響—，日本機械学会第3回交通物流部門大会講演論文集，pp.383-386 (1994)
- [11] 中野倫明ほか：運転中のドライバーの視線移動計測システム，自動車技術会学術講演会前刷集，No.941, pp.41-44 (1994)
- [12] 大門樹ほか：動画像処理によるドライバーの視線自動検出，人間工学，Vol.31, No.1, pp.39-50 (1995)
- [13] P. Green : Review of Eye Fixation Recording Methods and Equipment, IVHS Technical Report #92-20 (UMTRI-92-28) (1992)
- [14] 福田忠彦ほか：高齢者の視覚特性，NHK 技研 R & D, 5月号，pp.48-55 (1988)
- [15] Technology Update, Newton, Vol.14, No.9, pp.8-13 (1994)
- [16] Y. Inuzuka et al. : Visibility of Head Up Display (HUD) for Automobiles, Proceedings of the Human Factors Society 35th Annual Meeting, pp.1574-1578 (1991)
- [17] 港北研究室：視覚機能特性装置の研究開発，平成6年度人間感覚計測応用技術研究開発成果報告会前刷集，(社)人間生活工学研究センター，pp.49-56 (1995)
- [18] 日本経済新聞 (夕刊)，1992年10月7日
- [19] 渥美文治：高齢者視覚模擬メガネの開発，トヨタテクニカルレビュー，Vol.45, No.1, pp.28-33 (1995)
- [20] J. S. Werner et al. : Sensitivity of Human Foveal Color Mechanisms throughout the Life Span, Journal of the Optical Society of America, Vol.5, pp.2122-2130 (1988)
- [21] N. Nameda et al. : Human Visual Spatio-Temporal Frequency Performance as a Function of Age, Optometry and Vision Science, Vol.66, pp.760-765 (1989)
- [22] 舟川政美：高齢者の視覚とそのシミュレーション，日産技報，第33号，pp.72-78 (1993)
- [23] 渥美文治ほか：ドライバーの心拍解析による車両運転時の精神負荷評価，トヨタテクニカルレビュー，Vol.42, No.2, pp.4-11 (1992)
- [24] H. Kishi et al. : Human Factors Considerations for Voice Route Guidance, SAE Paper 930553 (1993)
- [25] 三宅晋司ほか：メンタルワークロードの主観的評価法—NASA-TLX と SWAT の紹介および簡便法の提案—，人間工学，Vol.29, No.6, pp.399-408 (1993)
- [26] N. J. Ward et al. : Behavioural and Cognitive Impact of Night-time Driving with HUD Contact Analogue Infra-Red Imaging, The 14th International Technical Conference on Enhanced Safety of Vehicles No.94-S2-O-04 (1994)
- [27] SAE Recommended Practice : Driver Hand Control Reach, SAE J287, JUN (1988)
- [28] SAE Recommended Practice : Motor Vehicle Driver and Passenger Head Position, SAE J1052, MAY (1987)
- [29] R. W. Roe : Occupant Packaging, Automotive Ergonomics (B. Peacock et al. ed.), Taylor & Francis, pp.11-42 (1993)
- [30] J. M. Judic et al. : More Objective Tools for the Investigation of Postural Comfort in Automotive Seat Design, SAE Paper 930113 (1993)
- [31] A. Costanzo et al. : Stress in Driving Related to Vehicle Safety, The 14th International Technical Conference on Enhanced Safety of Vehicles, No.94-S9-O-07 (1994)
- [32] R. Rebiffe : Le Siege de Conducteur, Son Adaptation aux Exigences Fonctionnelles et Anthropométriques, Sitting Posture (E. Grandjean ed.), Taylor & Francis, pp.139-147 (1969)
- [33] A. Weichenrieder et al. : The Best Function for the Seat of a Passenger Car, SAE Paper 850484 (1985)
- [34] 戸井豊ほか：快適居住空間について，マツダ技法，No.2, pp.4-13 (1984)
- [35] 北村修ほか：乗用車の居住空間に関する一評価手法，日産技法，第9号，pp.15-23 (1974)
- [36] P. Phillips et al. : Efficient Vehicle Packaging with Front-Wheel Drive, SAE Paper 780131 (1978)
- [37] G. Trebbi : A Probabilistic Method for Assessing the Longitu-



- dinal Habitability of a Car, FISITA 865108 (1986)
- [38] F. W. Babbs : A Design Layout Method for Relating Seating to the Occupant and Vehicle, *Ergonomics*, Vol.22, No.2, pp.227-23 (1979)
- [39] 横須賀研究室：座位姿勢の疲労感に関する計測・評価方法及び低減の研究開発，平成6年度人間感覚計測用技術研究開発成果報告会前刷集，(社)人間生活工学研究センター，pp.145-152 (1995)
- [40] 長谷和徳ほか：身体動作評価用3次元全身筋骨格モデル，人間工学，Vol.30, Suppl., pp.332-333 (1994)
- [41] R. P. Hubbard et al. : New Biomechanical Models for Automobile Seat Design, SAE Paper 930110 (1993)
- [42] A. Seidl : RAMSIS-A Newly Developed CAD-Tool for Ergonomic Analysis of Vehicles and it's 3-Dimensional System of Analysis of Postures and Movements, Proceedings of the 12th Triennial Congress of the International Ergonomics Association, Vol.2, pp.26-28 (1994)
- [43] 大塚保広ほか：乗員の姿勢に配慮した居住性，乗降性検討手法の提案，自動車技術会学術講演会前刷集，Vol.953, pp.185-188 (1995)
- [44] SAE Recommended Practice : Truck Driver Shin-Knee Position for Clutch and Accelerator, SAE J1521, MAR (1990)
- [45] E. S. Jung et al. : Psychophysical Cost Function of Joint Movement for Arm Reach Posture Prediction, Proceedings for the Human Factors and Ergonomics Society 38th Annual Meeting, pp.636-640 (1994)
- [46] 成瀬弘：テストドライバーの役割と評価（車の眩きを指先で対話する職人の技），日本機械学会第3回交通物流部門大会講演論文集，pp.54-57 (1994)
- [47] 前田正子ほか：民具の人間工学的研究，人間工学，Vol.2, p.97 (1970)
- [48] 平野敦雄ほか：ステアリングホイール・グリップフィーリングの人間工学的解析，自動車技術会講演会前刷集，No.946, pp.121-124 (1994)
- [49] 中嶋敦史ほか：操作フィーリング計測用感圧グローブ，自動車技術会学術講演会前刷集，No.936, pp.249-252 (1993)
- [50] 中道博志ほか：乗降性評価手法について，自動車技術，Vol.46, No.1, pp.81-85 (1992)

2.2 室内与内饰的舒适性

舒适一词在字典中的解释是“满足身心的期望，心情非常愉悦，或形容该样子”。这一解释中蕴含着丰富的启示，要想提高汽车领域的舒适性，必须满足客户期待的要求，而且不能画蛇添足地费力不讨好。

那么用户需要怎样的舒适感呢？是虽保持紧张但却能随心所欲进行操纵的舒适感，是能以纵享奢华的心情在高速公路上飞奔的舒适感，是驾驶敞篷车边享受微风拂面边沿着海岸线驰骋的舒适感，还是在夜晚高速公路上赶路的同时享受静谧二人世界舒适感，相信答案会因人而异。纵使具体情况都各不

相同，最终还是能将舒适感归结到图2-2-1里的三个中的一个，即①易用（easy to use），②舒适（comfortable），③愉快（pleasant）。

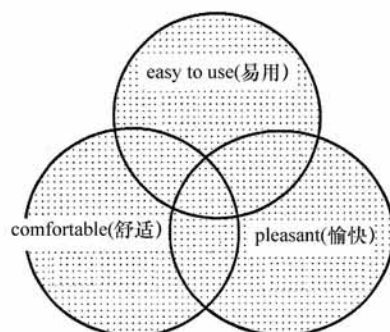


图 2-2-1 舒适的基本要素

除了按照以上三个因素考虑舒适性的基本要素以外，还有很多其他思路。比如，Wapner 把舒适性分成①necessity（必要性），②amenity（舒适性），③luxury（奢华）；Inui 将舒适性分成①useful（满足诸如安全性、健康、能效等必要条件的状态），②comfort（在满足必要条件的基础上进一步消除不适的状态），③pleasantness（不仅全无不适感，而且还进一步实现了附加的舒适性的状态）。可是 Wapner 和 Inui 的想法都分为三阶段说明，比如①阶段只出现在满足 useful 的基础上，②是 comfort，而只有满足①useful 和②comfort 两个阶段才是 pleasantness。但是在汽车行业会不断涌现增加诸如导航系统这类新装备的情况，useful 的标准将不断被刷新。因此，必须持续为用户开发出能够满足不断变化的新 useful 标准的产品。汽车舒适性如图 2-2-1 所示，把三要素看作成相互关联、并驾齐驱的关系，这样更容易理解。

下面就介绍一下在汽车室内、内饰方面的舒适性三要素的评价测量技术。

2.2.1 易用性的评价测量技术

从 easy to use（易用性）的角度来看，视野清晰、测量器易读取、操纵系统简单方



便、椅子合体等性能都可以看作为舒适性。基于此观点的舒适感评价测量技术主要源于人机工程、人机界面研究和近来的易用性研究(图2-2-2)。比如,行驶中对收音机、空调等开关的操纵必须在顺理成章、自然的动作下进行。在测量操纵动作是否自然时,可以采用图2-2-3用于研讨操纵性的实验装置,让参加试验人员真实地进行各种操纵,然后再进行评价。测量操纵动作时,依靠图像解析器求出参加试验人员各基准点的轨迹、距离、速度等信息。比如,通过图

2-2-4中的肩部基准点的动作轨迹可以定量评价出操作是否容易。

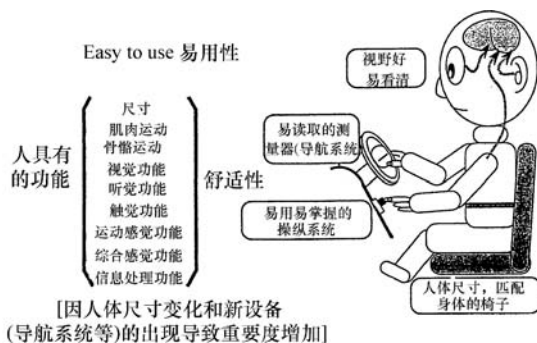


图2-2-2 舒适的基本要素1 (Easy to use 易用性)

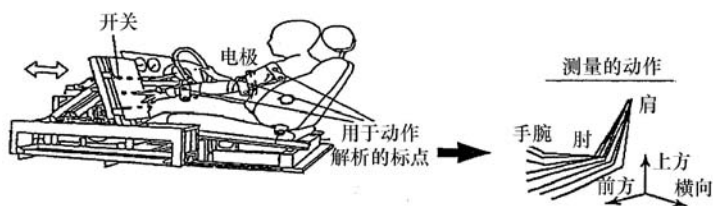


图2-2-3 开关操纵动作,用于测量的试验装置

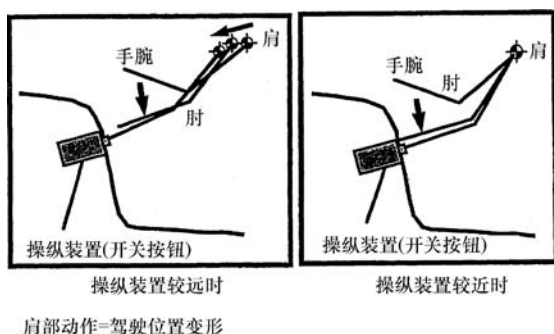


图2-2-4 动作解析举例

另外,测量手臂肌电图还能测得操纵时手臂的负荷。大脑运动中枢的运动指令会将传递的运动单位送达脊髓,一旦神经脉冲达到肌肉纤维接头,肌肉纤维细胞膜就会分极并放出活动电位。而记录该肌肉放电现象的就是肌电图。参与肌肉收缩的肌肉纤维数量及各运动单位的出现的频率越大,观察到的肌电图波形就越大。反过来,肌肉收缩程度就能够作为测量肌肉负荷的指标使用。例如,像图2-2-5中开关操作性试验那样,如果从正下方按下开关,就不会对手臂造成负

担。如果开关布置在垂直方向,那么就需要一边支撑手臂重量一边操作,肌电图波形会出现紊乱。如果将开关面板斜置,手臂的一部分重量就会分散到开发系统去,此时的肌电图波形波动就没有垂直时严重。如果支撑手部重量的突起(支撑部分)能够贴在面板上,那么肌电图波形会将进一步变小。

为了评价导航等车载信息系统的用户人机界面的易用性,开发出了可用于定量评价的模型。模型之一DTM (Dual Task Model) 由进行操纵时的单位动作和结合规则组成。评价方法如图2-2-6所示,先将导航等系统的操纵顺序当作单位动作系列表示出来,然后求再出效率评价,该值就是所需时间的总和。各项单位动作所需的时间可参见表2-2-1。此模型能够评价两种情况,一是可集中操纵装置的驻车过程(单任务情况),另一个则是反复装置操纵和驾驶操纵的行驶或停车过程(双重任务情况),它的最大特点就是可通过视觉表现出评价结果。

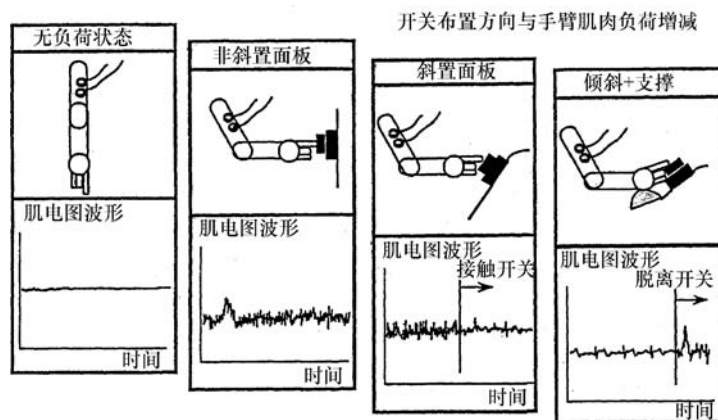


图 2-2-5 肌电解析举例

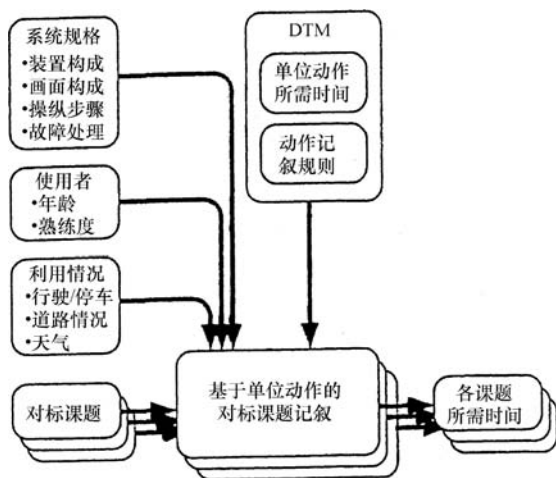


图 2-2-6 基于 DTM 评价步骤

表 2-2-1 单位动作及其所需时间

动作种类			符号	所需时间	备注
手的动作	手的移动	去	Hn	0.019d	距离 d ; cm
		往	Hd	0.016d	同上
	画面操作		O	0.6	
眼部动作	视线移动		E	0.3	
	注视	画面	Rn	0.5	行驶中, 停车中
				1.1	驻车中
		前方	Rd	0.8	行驶中, 停车中
				不要	驻车中
处理 (系统应用)			S	0.1 ~ 数个	因处理不同而不同
显示			D	任意	直到下次处理结束
时间差	Rn 和 Hn		d1	0.8	
	O 和 S		d2	0.3	在 O 的过程中结束操作

2.2.2 舒适性的评价测量技术

能够带来舒适感的第二个基本要素就是 comfortable (图 2-2-7)。宽敞的室内空间、毫无不适也没有颠簸的乘坐舒适性、温度适宜且无异味的室内、没有噪声的安静室内环境等都会带来汽车的舒适性。这些都是通过减轻视觉、听觉、触觉、嗅觉、运动感觉等人体感觉上的不舒服的刺激所带来的舒适感。

a. 基于人体动作的舒适性测量

为了确认驾驶动作和上下车动作中是否存在勉强或不适的动作等与驾乘空间有关的评价, 首先要通过落座姿态和用于检测的人体模型 JSAE 3DM 或 SAE 3DM 对驾乘空间实施静态评价。但是仅进行静态评价是不够的, 还需要通过测量乘员的驾驶操纵及上下车动作来评价驾乘空间。

为此顶棚、车门及地板等车身各部分要使用三维的可变桁架模型, 让参与试验的人员在模型内部进行各种动作进行评价。

在动作测量方面, 可通过图像解析装置等求出参与试验人员各基准点的轨迹、距离、速度、加速度等信息, 然后根据这些信息就能够定量地评价出是否具备可保证动作

舒适所需的空间。表 2-2-2 表示基于动作测量求得的所需头部空间的评价项目结果。图

2-2-8 表示根据后排乘员的落座姿态，求出的交叉双脚时所需的腿部空间结果。

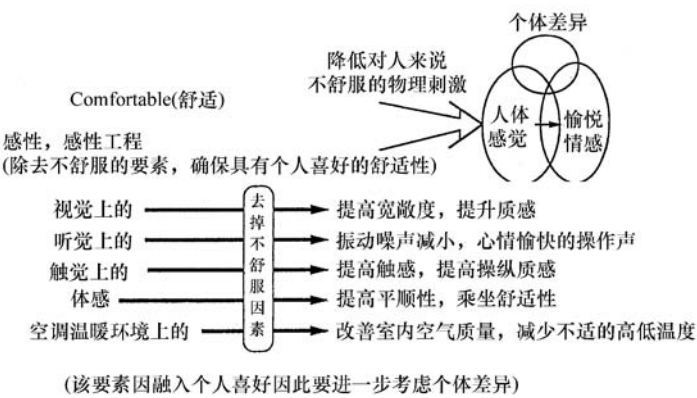
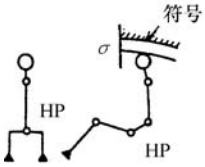
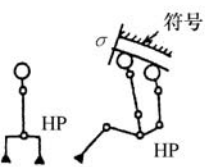
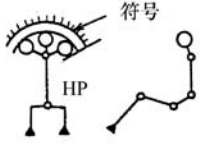


图 2-2-7 舒适的基本要素 2

表 2-2-2 头部空间的评价标准

评价项目		评价线	考虑要素			
			落座姿态和动作	公差或偏差	人体要素	行驶条件
前排座椅	通常的驾驶姿态		驾驶姿态	座椅	头发 (商用车头盔)	在坏路上行驶时的振动
	前方起身		从舒适的姿态向站立姿态变化	↑	头发	在普通路面上行驶时的振动
	左右转头		舒适的姿态	↑	↑	↑



(续)

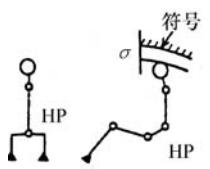
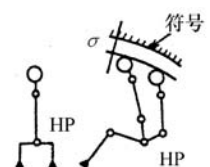
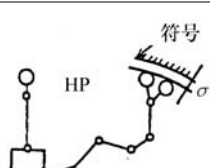
评价项目		评价线	考虑要素			
			落座姿态和动作	公差或偏差	人体要素	行驶条件
后排座椅	通常的落座姿态		舒适的姿态	↑	↑	在坏路上行驶时的振动
	向后方转头		舒适的姿态 向后回头	↑	↑	↑
	三人座		舒适的姿态	↑	↑	↑



图 2-2-8 双脚交叉的腿部空间

b. 基于体压分布的座椅舒适性测量

测量座椅舒适性的要素有姿势保持特性、体压分布特性、坐垫性能（振动吸收性能）以及包裹性等，而测量坐在椅子上时，与椅子接触的身体各部位的体压分布是评价座椅舒适性的重要方法。

体压分布不好会阻碍血液循环，出现局部麻痹等现象，从而导致疲劳。图 2-2-9 是座椅体压分布的测量系统，图 2-2-10 则是利用该系统测得的、具有代表性的舒适座椅

的体压分布。出现在例子中的座椅稍硬，能够保持驾驶姿势不驼背。根据座椅靠背的压力分布可知腰椎部得到了良好的支撑，而且坐垫也符合体压分布。与之相对的，图 2-2-11 是不舒适座椅的体压分布结果，对该座椅的评价是腰椎部支撑不足，容易驼背，肩部存在稍强的碰触感，臀部有异物感。

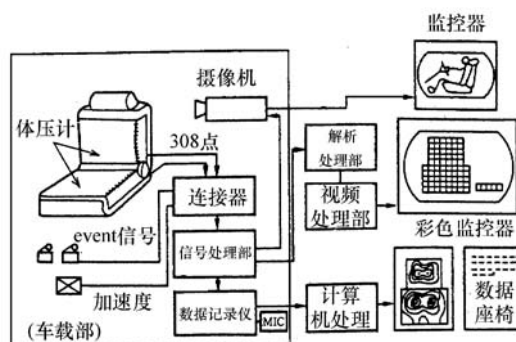


图 2-2-9 座椅体压分布测量系统

c. 基于生理反应的舒适性测量

普遍认为人体生理反应与室内空间相关，因此一直不断尝试利用人体生理反应的测量结果来评价空间，最具代表性的就是室

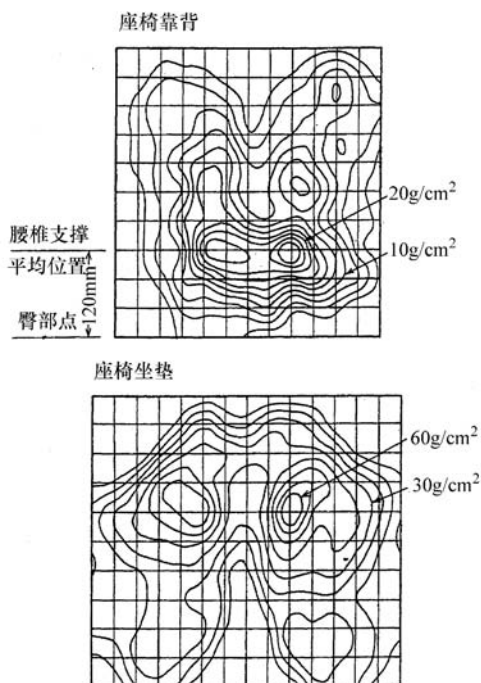


图 2-2-10 舒适座椅的体压分布举例

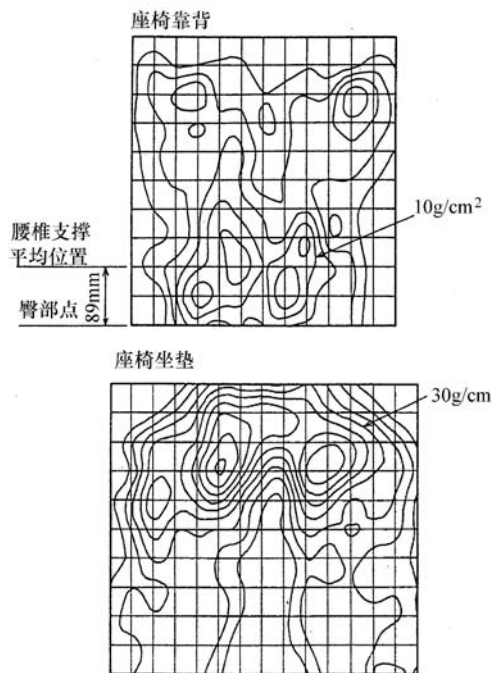


图 2-2-11 不舒适座椅的体压分布举例

内温暖程度的评价。人体的皮肤温度是与冷

暖感觉密切相关的一种生理反应。图 2-2-12 表示的是手部皮肤温度与冷暖感觉及满足感之间的关系，图中将体温分成高体温、中体温、低体温分别表示。当皮肤温度升高时，对冷暖的感觉也会从冷向暖发生变化，但不受体温水平的影响。另外，体温水平对温暖环境的满足感的影响则会超出皮肤温度。

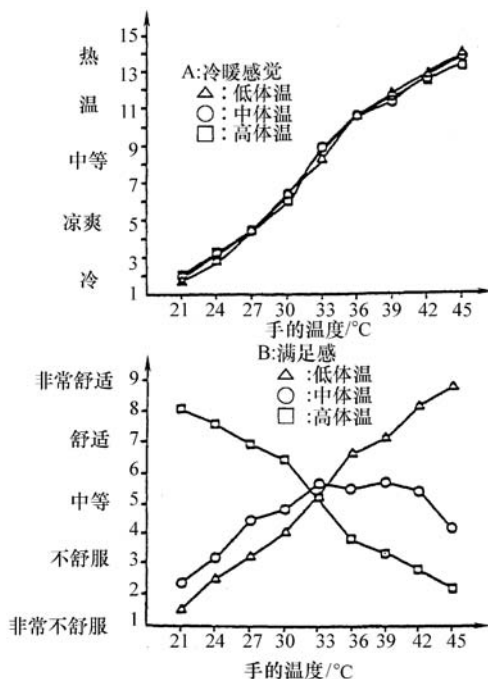


图 2-2-12 手部皮肤温度与冷暖感觉和满足感之间的关系

体现全身平均皮肤温度状态的平均皮肤温度已经作为一项生理指标广泛应用在方方面面。图 2-2-13 表示的是冷暖感和舒适感与平均皮肤温度之间的关系。当平均皮肤温度为 33 ~ 34℃ 时，能够感觉处于冷暖的中间状态，这是（热）高温区域和（冷）低温区域的分水岭。感到舒服的状态基本与此中间状态保持一致，而且以此为界，其他区域里的不舒服感将变大。此时高温区域如果超过 35℃，则会迅速感到不舒服的感觉变强，而在低温领域，不舒服感觉与平均皮肤



温度的下降成比例变化。

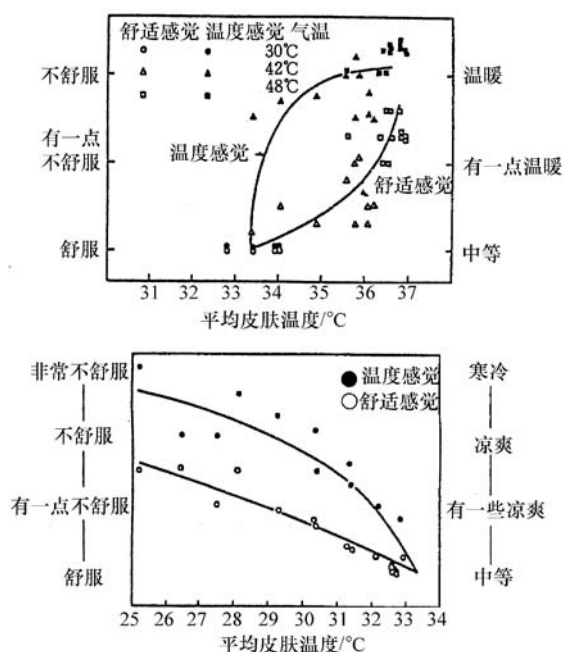


图 2-2-13 平均皮肤温度与冷暖感觉和舒适感觉之间的关系

排汗量也是生理指标之一。有报告显示,当皮肤温度超过 33℃ 时,排汗量基本与 36.9℃ 以上的鼓膜温度成比例增加,但是当皮肤温度低于 33℃ 时,因皮肤的寒冷接收器受到刺激会导致排汗量也受到抑制,而当皮肤温度低于 29℃ 时,即使鼓膜温度是 37.6℃,但也不会排汗。图 2-2-14 表示的是前臂部位的排汗量和对热度的不适感之间的关系,随着排汗量的增加,对热度感的不适感程度也会成比例增加。

除了对室内温暖环境的评价时尝试采用基于生理反应测量的舒适性测量技术以外,还在气味环境方面也进行相关尝试。利用嗅觉诱发脑电波来评价对于香味的感觉是舒服还是不舒服就是其中的一项内容。嗅觉的显著特点就是存在嗅觉疲劳,我们在日常生活中都体验和经历过。这种现象具体是指在连续闻到相同香气后,就慢慢地就变得感觉不

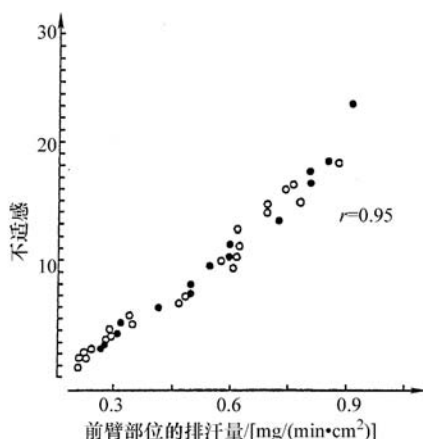


图 2-2-14 前臂部位的排汗量与对热度的不适感之间的关系

到香味了。立木对于嗅觉疲劳现象,在报告中做了如下阐述:当香气浓度较淡时,香味感觉仅存 10s 就会消失,而香气浓度较高时,香味感觉将持续 150s。当刺激较弱时,出现疲劳的时间就短,而刺激较强时,出现疲劳的时间就长。另外还有人称嗅觉疲劳是一种有选择性的疲劳。

图 2-2-15 是一种由嗅觉诱发脑电波合计波形,具体是指当气味刺激次数为 N_s ,参与试验的人员识别到气味的次数为 N_p 时,经过 N_p 次的加法计算所求得的嗅觉诱发脑电波的合计波形。图中的描点表示相对于刺激次数 N_s ,各异味合计波形应答峰值的振幅值 ($P_1 - n_1$) 变化。该结果展现了反复异味刺激下的嗅觉疲劳效果,无论是哪种异味,合计波形的饱和特性都非常显著。同时,该图的结果还表明诸如汗臭味的戊酸或类似鱼腐败气味的三甲胺等让人感到不舒服的气味的合计波形的饱和性特征比类似香蕉的乙酸戊酯或香草味等令人愉快的气味的饱和特征更加显著。该结果明确了气味种类不同,嗅觉疲劳现象也不同,显示出利用嗅觉诱发脑电波来评价空间上舒适与否的可能性。

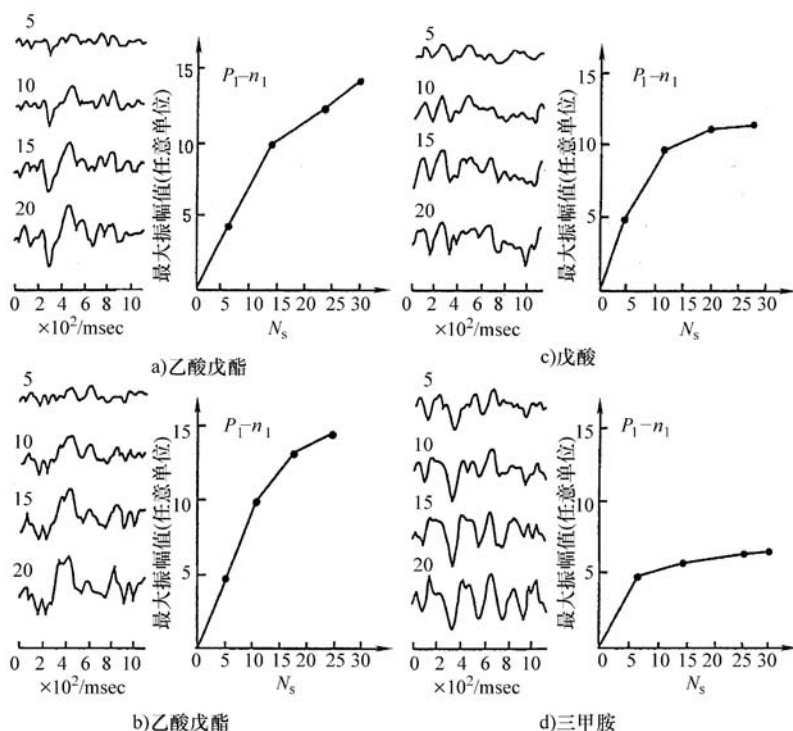


图 2-2-15 通过反复相加得出的嗅觉诱发电位的振幅值变化
波形左上角的数字表示相加次数 (N_p), N_s 代表气味刺激的次数

d. 基于心理测量的舒适性测量

车内温度的舒适性、车内气味的舒适性都是人面对车内环境所表现出的感情。可以使用心理测量方法测量这些情感中相对比较表象的情感,如居住感、美感、高级感等感觉。心理测量法包括自由联想法、选择法、评价法、SD 法等直接测量法和对偶比较法、基于 MDS 的间接测量法以及能掌握感性评价结构、喜好结构的访谈法等。

(i) 自由联想法 它是最原始的感觉测量方法,就是记录试验人员看到内饰等模型以后,在规定时间内自由联想出来的词汇。为了掌握可根据联想词汇制定出评价标准的语料库,常常会运用下文 SD 法中的调查法。测量刺激的联想词汇数量, Noble 的联想词汇数量是一项有意义的测量,假设意味性和熟悉度具有贯通的对应关系,那么这也可以成为熟悉度 (familiarity) 的测量方法。

(ii) 选择法与评价法 选择法虽然牺牲了自由联想法中内容的自由性与丰富程度,但是却是为了能够定量地比较通用感觉要素而出现的方法。该方法要先选出数十个词汇,然后再从中选出恰当的词汇。该调查方法简单易懂,能在短时间内实施,因此常被用在田野调查 (译者注:一种调查方法) 或访谈调查的一部分。评价法或评价标准法就是分七阶段或九阶段评价多篇文章或词汇 (形容词等) 的一致程度。以座椅主观评价为例进行说明,具体指对作为座椅重要性能的缓冲性能 (坐垫性能) 进行评价。用 (柔软性) 和 (反弹感) 表示缓冲感,对各具特点的五把座椅展开了调查。图 2-2-16 就是缓冲结果的分类,图 2-2-17 是按照主观评价分析结果,对有序的数据进行统计处理以后,算出排名分数并按缓冲性能排序的结果。

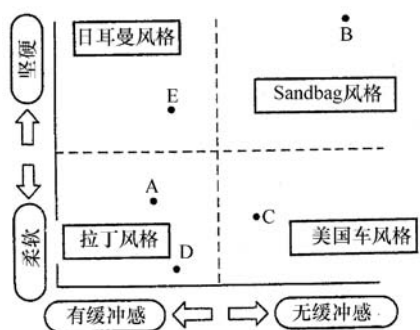


图 2-2-16 缓冲感分类图

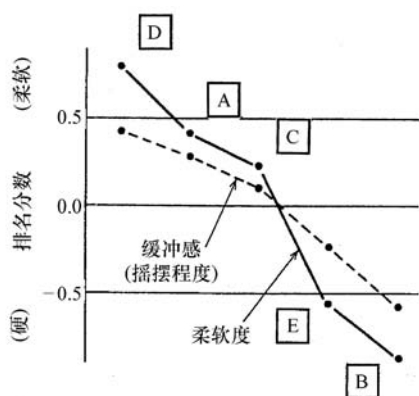


图 2-2-17 柔软度及缓冲感排名

(iii) SD 法 感性测量的根本追求是

- ①客观、科学的测量法；
- ②能够定量地表示和比较感觉；
- ③尽可能简单、有效地测量。

Osgood 的 SD 法就是能够满足上述三种要求的方法之一。SD 法是一种可用于评价空间氛围、声音或色彩环境的方法，还可用于气味环境评价或显示的易读性等各类心理评价中。该方法就是先让试验人员利用图 2-2-18 中的评价用语（形容词对），对不断产生变化的物理条件上的刺激做出评价，然后再定量地处理打分并汇总。评价 CRT 画面的易读性就是一个典型例子，该实验显示了利用 CRT 画面的 18 种背景颜色和 2 级亮度变化对 34 个画面进行试验的结果。试验评价人员有 30 人，通常会将所得数据平分，再通

过主成分分析或因子分析等多变量解析对数据进行分析研究。表 2-2-3 是完成主成分分析后的因子负荷量一览表，它显示出了各主成分之间的相关系数。图 2-2-19 是进一步利用因子负荷量求得的各刺激的因子得分（因子分数）。从该图可知 I 轴与亮度有关，II 轴是与色彩有关，色彩饱和度低的颜色的 CRT 画面更容易看清，不易疲劳。

	非常	相	稍	中	稍	相	非常	
	当	当	立	立	当	当		
	+3	+2	+1	0	-1	-2	-3	
1.易看清								不易看清
2.焦急								不焦急
3.清晰								模糊
4.强								弱
5.干净								肮脏
6.明亮								灰暗
7.疲劳								不疲劳
8.灵敏								迟缓
9.澄清								浑浊
10.闪烁								不闪烁
11.浮起								下沉
12.显眼								不显眼
13.刺眼								不刺眼
14.柔软								坚硬
15.冷静								兴奋
16.温暖								凉爽
17.沾染								不沾染
18.艳丽								朴素

图 2-2-18 评价形容词

表 2-2-3 因子旋转后的主成分分析结果

评价项目	第 1 主成分	第 2 主成分	第 3 主成分
易看清	0.375	-0.900	-0.11
焦急	0.165	0.944	0.150
清晰	0.926	0.143	-0.194
强	0.701	0.590	-0.265
干净	0.930	-0.116	-0.179
明亮	0.922	0.297	0.118
疲劳	0.315	0.902	-0.051
灵敏	0.737	0.582	-0.269
澄清	0.854	-0.071	-0.281
闪烁	0.444	0.790	0.227
浮起	0.896	0.359	-0.060
显眼	0.797	0.544	-0.094
刺眼	0.465	0.789	0.108
柔软	-0.266	-0.333	0.866
冷静	-0.342	-0.891	-0.164
温暖	-0.296	0.468	0.771
沾染	-0.033	0.647	0.914
艳丽	0.751	0.590	-0.060
贡献率	0.41	0.38	0.15

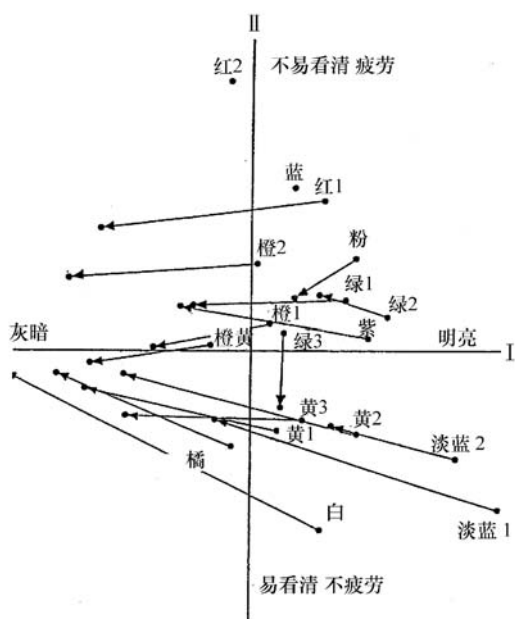


图 2-2-19 因子得分

(iv) 多维尺度构成法 多维尺度构成法 (multidimensional scaling: MDS) 就是将

对象之间的非相似性或相似性作为心理上的距离, 利用分类预测法、级别预测法、三组法等进行预测, 然后再对求得的感觉上的空间布置和与认知有关的空间布置进行解析的方法。下面以改变亮度后, 18 种颜色视觉上的色彩变化为例, 进行说明。如图 2-2-20 所示, 使用荧光灯, 让参与试验的人员处在调色按 100、10、1、0.1、0.01 这五个阶段不断变化的环境里, 用距离对贴有 18 种颜色的色纸做出有无相似性的判断, 再进行测量。用多维度尺寸构成法研究测得的数据, 可得出三个维度。结果可参见图 2-2-20 和图 2-2-21。图 2-2-20 是对利用 100 调色和 10 调色测得数据进行解析的分布结果, 接近原有的孟赛尔色系的分布情况。而图 2-2-21 则是 0.1 调色时的数据解析分布结果, 可知黄-紫轴方向越来越难以看清。该方法就是将感觉对象的心理相似度作为距离进行测量, 然后明确感觉结构或认知结构的方法。

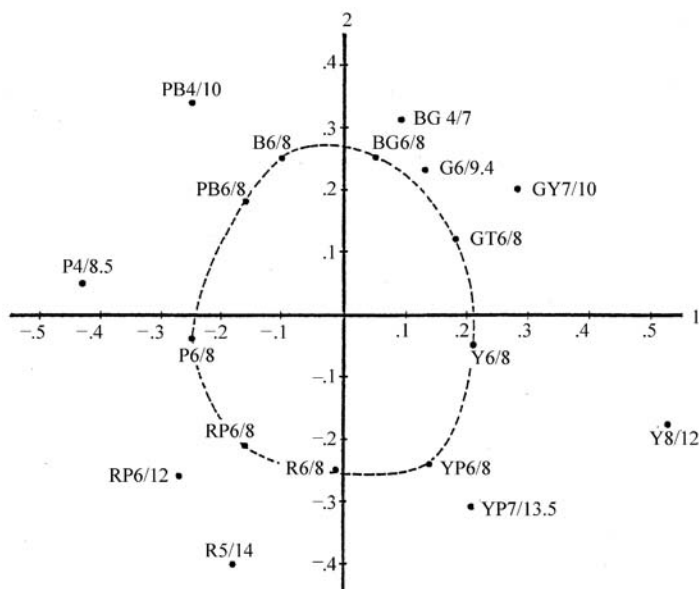


图 2-2-20 100 及 10 调色中的通用空间分布

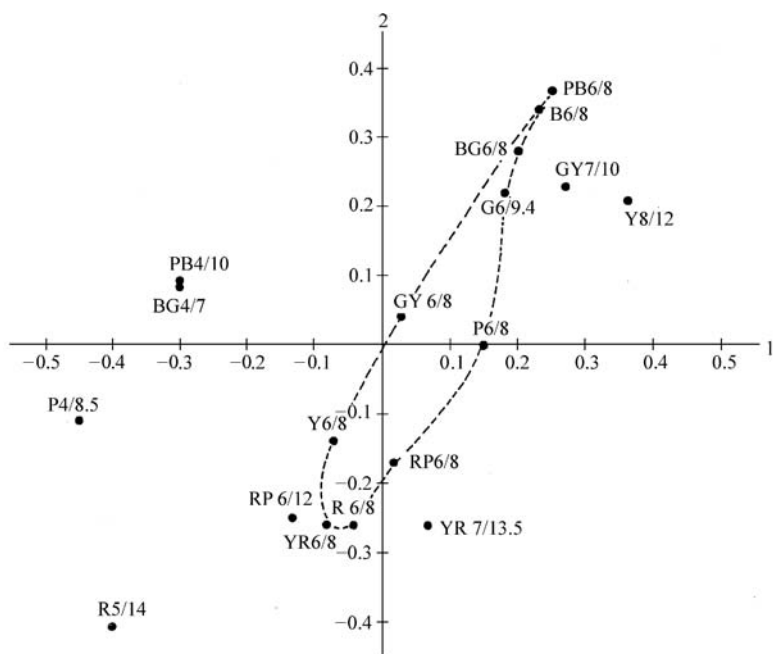


图 2-2-21 0.1 调色中的通用空间分布

上述关于舒适性的评价测量技术正是人机工程中希望利用主观检查法、感性工程法着重解决的领域。

2.2.3 娱乐性的评价测量技术

舒适性的第三个要素就是 pleasant（愉快）（图 2-2-22）。提到 Pleasant，最容易领会的例子就是冬天的露天温泉。大冬天里浑身赤裸地在室外行走肯定不怎么舒服，但是随后进入温泉，就会感觉更温暖，感到更快

乐。另外露天温泉大多都会比普通浴室稍热一些，因此慢慢地就会泡得满脸通红。将感觉发热的上半身露出水面，感受凉风习习也是一种享受。而且这段时期都身处于大自然当中，是最值得体味的快乐。以上这种利用时间、空间环境共同演绎创造出来的舒适感就是 pleasant 舒适性技术。可以说迄今为止还没能建立起能够创造出如此舒适性的技术或评价测量技术。但是接下来还是要介绍一下为数不多的实例。

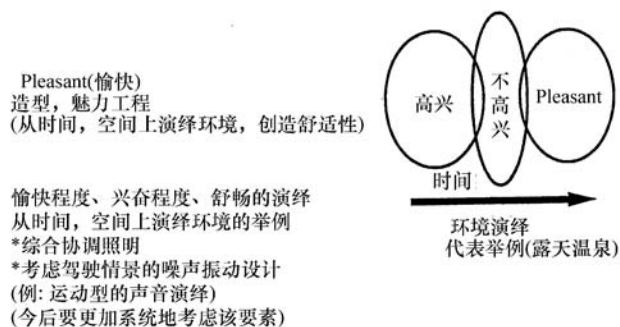


图 2-2-22 舒适的基本要素之 3



a. 音响效果案例

在跑车等诸多车型当中, 音效制作已经成为一项非常重要的课题, 需要考虑用户的喜好, 积极地进行音质控制。为此只对已有车辆或试制车的声音及人对声音的反应进行试验是远远不够的, 还需要能够自由组合汽车声音的系统和视听评价系统。图 2-2-23 就是一种名为车载声音合成器的系统。该系统能够利用计算机, 根据车辆声音的高频成分特点合成音响信号, 从而形成各种车辆声音, 甚至包括在加减速等情况下会出现变化的车辆声音。图 2-2-24 就是采用该系统,

对跑车排气声开展喜好性主观评价试验, 然后再用双尺度分析法进行解析的实例。该试验着眼于发动机旋转频率的高频次数混合比, 对构成四缸发动机排气声的物理量进行了评价。在四冲程的四缸发动机中, 发动机转速的偶数次成分代表与发动机膨胀同时产生的纯粹的机械声, 奇数次成分或 0.5 次成分则代表由于某些不平衡所产生的令人不悦的声音, 虽然一直以来都努力试图降低这些成分, 但是我们了解到要想发出有紧迫感或爽快感的跑车排气声, 仍在一定程度上需要这些成分 (图 2-2-25)。

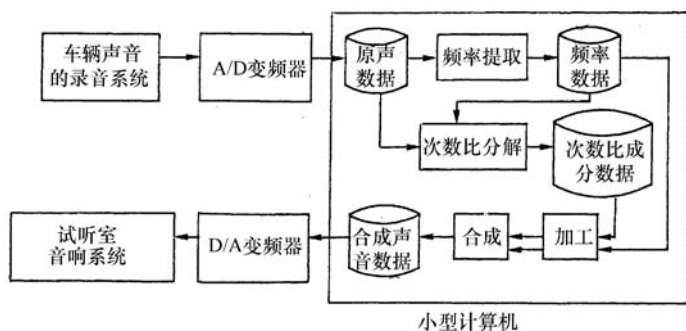


图 2-2-23 车载声音合成器系统

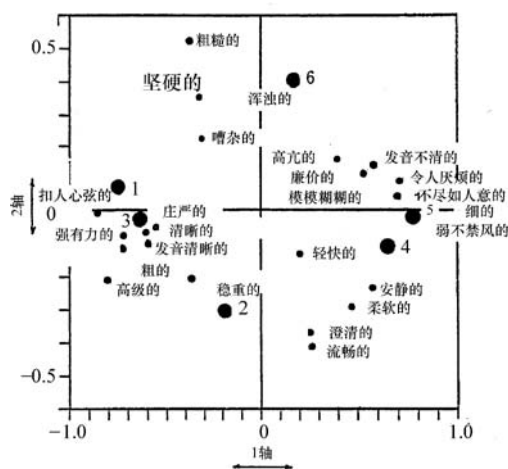


图 2-2-24 跑车排气声的主观评价结果举例

b. 室内照明效果案例

以下为室内照明效果的演绎案例, 根据乘员行为分析思考照明效果正是该观点的创

新之处。迄今为止的汽车室内照明都注重功能。我们深入思考了能够演绎出符合驾驶人行行为的时间、空间的照明应该是什么样子的。上车、关闭车门、夜间行驶、同乘人员在行驶中读书等都是用车时需要照明的场景 (图 2-2-26), 那么适合各个场景、又让人感到舒适的照明应该是什么样的呢? 这需要我们结合各场景下人的行为展开研讨。比如, 当进入车内时亮起脚部照明和台阶照明, 然后再整体亮起会让人感觉室内宽敞。接下来, 关闭车门后准备行驶时, 会浮现中控台、电动车窗及其他开关照明, 脚部照明、天花板灯变暗, 并自动进入驾驶的状态。从乘车状态到实际驾驶状态, 会逐个亮起多个照明, 并伴随明暗变化的整体协调搭配达到效果 (图 2-2-27 ~ 图 2-2-29)。以上这种照明效果也是 pleasant 舒适性的要素之一。

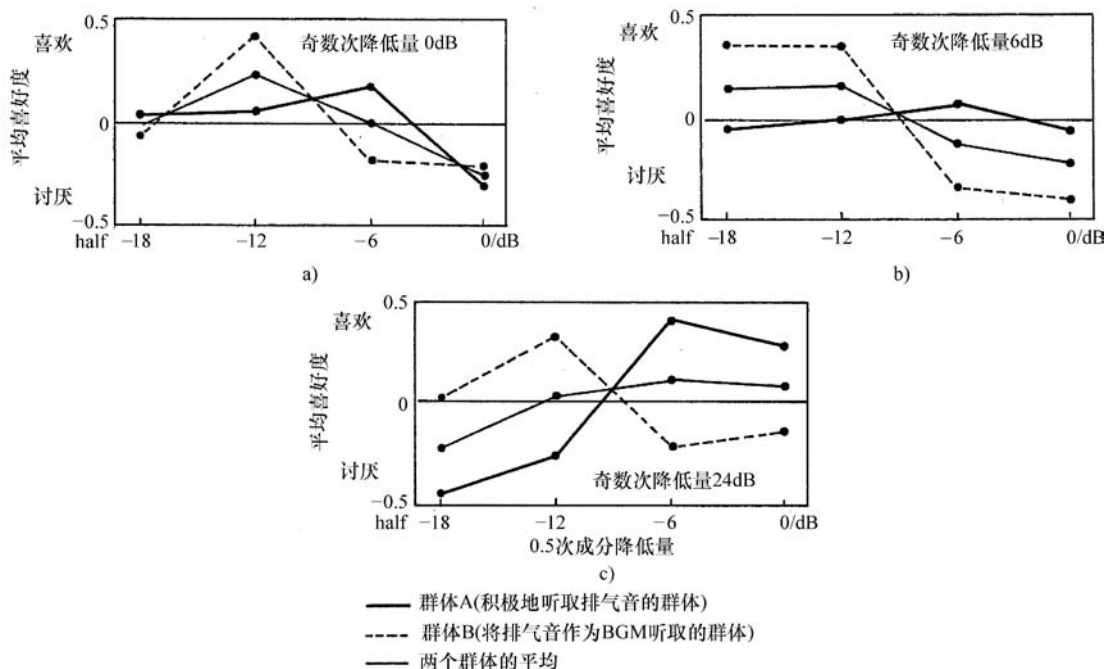


图 2-2-25 不同用户群对跑车排气声的喜好特点差异

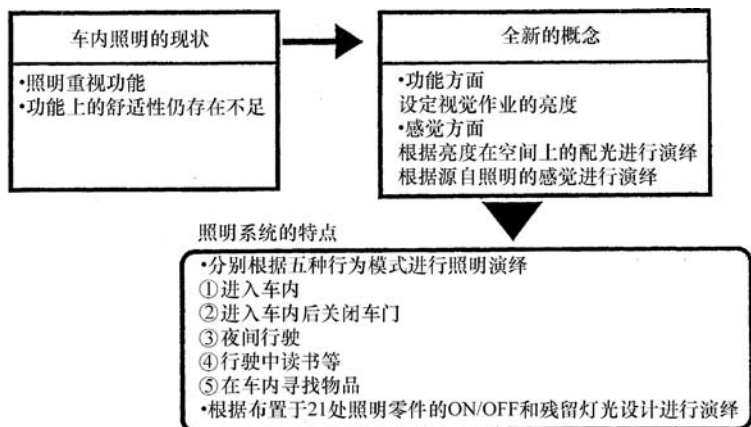


图 2-2-26 照明系统的使用条件



图 2-2-27 照明系统的演绎内容

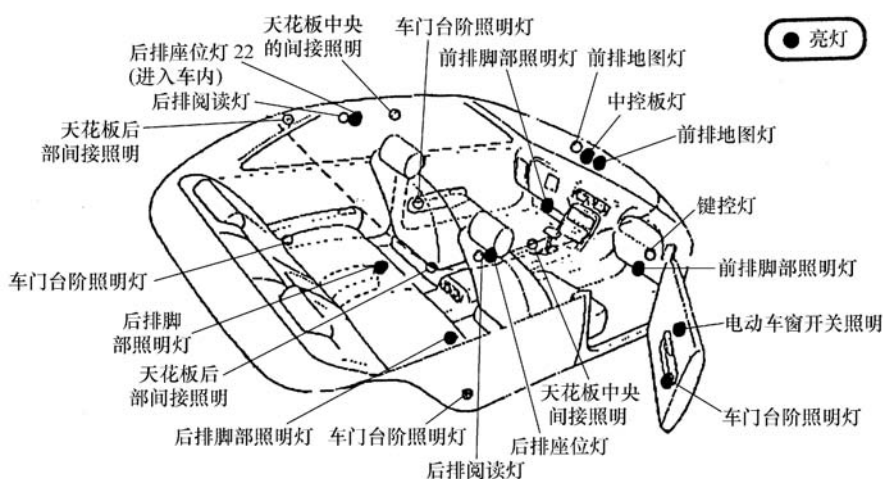


图 2-2-28 整体协调搭配的照明系统

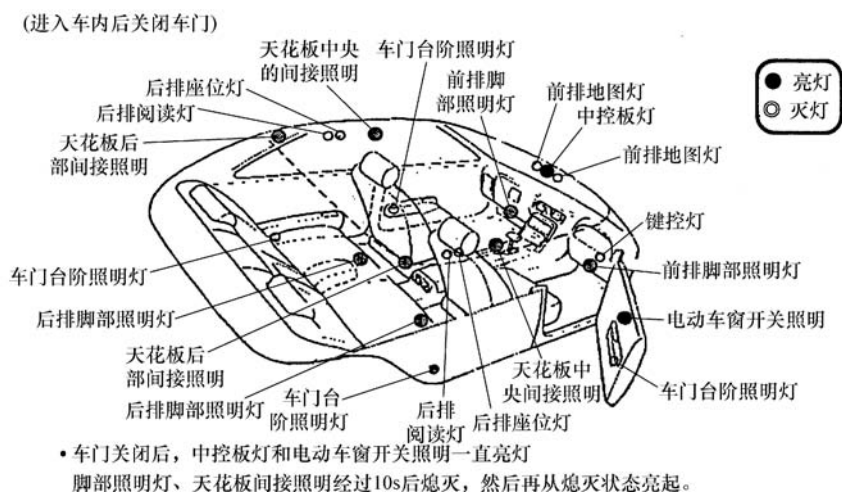


图 2-2-29 整体协调搭配的照明系统

2.2.4 室内与内饰舒适性评价技术的未来

今后舒适性的三要素会如何发展呢(图 2-2-30)? 日本人的身体尺寸在不断变化, 以 NAVI 系统为首的信息提示装置和其他安全装置的显示操作系统也将不断增加。在这种背景下, 对 easy to use (易用性) 的舒适性追求将变得越来越重要。其中, 评价测量技术也将融入易用性评价方法等新的方

向。在 Comfortable (舒适) 的舒适性的要素方面, 对心理学的各种测量方法、感性工程的测量方法及主观检查等积累的方法的应用也将不断深入。但是在 pleasant (愉快) 的舒适性要素方面, 并没有建立起演绎渲染整体效果的方法, 测量评价方法也仍处于根据不同对象采用现有方法的阶段。此处的测量评价需要按照每个具体对象去考虑使用者的感性模型。

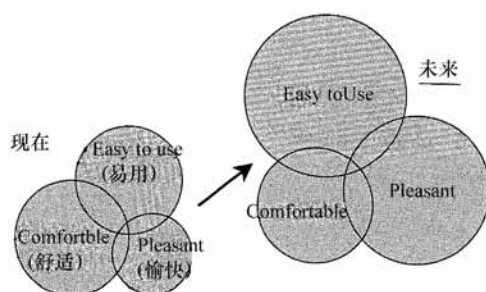


图 2-2-30 今后的舒适性

今后舒适性的测量评价将出现许多变化。首先，就是比现在更重视时间要素。人即使在最开始感到舒适，但因很快会习惯，就会出现舒适感消失，甚至出现感觉不适的情况。就好比沐浴，可能刚进入时还觉得正好的水温不一会就觉得变凉了。反过来，第一眼觉得古怪的造型，习惯以后也会感觉很舒服（图 2-2-31）。

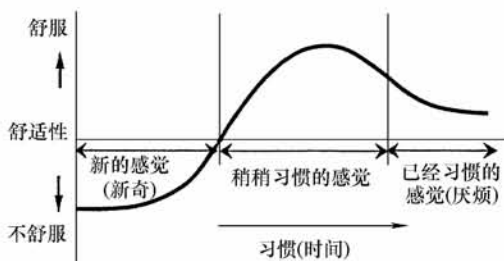


图 2-2-31 舒适性与时间要素

其次，会更加动态地掌握人与车的关系。迄今为止，绝大多数情况都只关注人对汽车物理条件发生变化时会做出怎样的反应。今后将会对人对车的变化做出的反应（图 2-2-32），而且这种反应会随着时间的不同而发生变化，在这期间，也要考虑人会引发车辆怎样的行为，也就是说将人与车看成是一个系统来考虑。

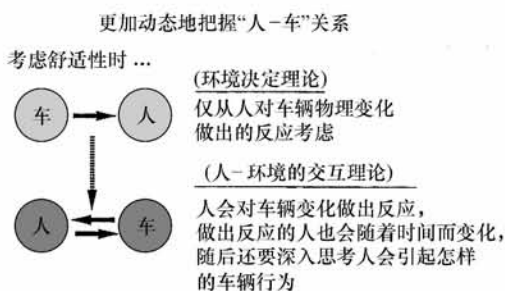


图 2-2-32 舒适性（人与车的关系）

【柳瀬徹夫】

参考文献

- [1] 大辞林，三省堂
- [2] M. Inui: Relationship between Architectural Style and Office Interior Environment, Current Issues in Environment-Behavior Research, pp.33-40 (1990)
- [3] 長町三生ほか：現代の人間工学，朝倉書店（1986）
- [4] 黒須正明ほか：複合作業に関する操作性評価モデル-DTM-，情報処理学会ヒューマンインターフェイス研究会，50-5 (1993)
- [5] 黒須正明：操作性評価のための非線形モデル-DTM-，情報処理学会ヒューマンインターフェイス研究会，18-20 (1993)
- [6] JIS D 4607 自動車室内寸法測定用3次元座位人体模型 (1977)
- [7] SAE 826a: Devices for USA in Defining and Measuring Vehicle Seating Accommodation
- [8] 北村ほか：乗用車の居住空間に関する一評価法，日産技法，第9号，pp.15-23 (1974)
- [9] 石田ほか：自動車工学便覧，第2編，居住性，人間に関する試験法，自動車技術会 (1974)
- [10] 戸井ほか：快適空間について，マツダ技報，No.2, pp.4-13 (1984)
- [11] 永島淑行：シート性能試験，自動車技術ハンドブック3，試験・評価編，pp.214-218 (1991)
- [12] 永島淑行：着座姿勢と体圧分布の測定・評価，第5回シート技術研究発表会前刷集，自動車部品工業会 (1985)
- [13] 立木孝：臭覚疲労現象，臭覚障害—その測定と治療—（豊田文一ほか編），医学書院 (1978)
- [14] 外池光男：臭覚とニオイ脳波計測，電子技術総合研究所彙報，46, 11, pp.611-621 (1982)
- [15] Mower: J. com. physiol. Psychol., 90 (1967)
- [16] A. P. Gagge, J. A. J. Stolwijk and J. D. Hardy: Comfort and thermal sensations and associated physiological responses at various ambient temperature, Environmental Res., 1, 1 (1967)
- [17] Benzinger: Physiol. Rev., 49 (1969)
- [18] Goenzalez: Arch Sci. Physiol., 27 (1973)



- [19] 多屋秀人：雰囲気計測法，感性計測，先端技術集成，pp.97-104 (1991)
- [20] 外池光雄：脳波を用いたニオイおよび香りの計測・評価法，感性計測先端技術集成，pp.77-87 (1991)
- [21] 柳瀬徹夫：色彩，材質感情の計量化研究，日産技報，No.28，pp.138-145 (1990)
- [22] 中川正宣：色彩感情空間の構成，日本色彩学会誌，Vol.8，No.3 (1985)
- [23] 永島淑行ほか：シートの（クッション感）についての（好み）の調査分析，自動車技術会学術講演会前刷集 (1985)
- [24] C. E. Osgood, G. J. Suci and P. H. Tannenbaum: The measurement of meaning, Inver. of Illinois Press (1957)
- [25] K. Takeichi: Evaluation of CRT Color Using Semantic Differential Method, SID87DIGEST 319-321 (1987)
- [26] 武市啓司郎，宮埜寿夫，佐川賢：低照度照明と色の見え，日本色彩学会誌，Vol.9，No.3，pp.160-161 (1985)
- [27] 武市啓司郎：雰囲気計測にかかわる視覚・物理特性，感性計測先端技術集成，pp.105-110 (1991)
- [28] 齋藤亮幸：多次元尺度構成法，朝倉書店 (1980)
- [29] 田中良久：心理学的測定法，東京大学出版会 (1973)
- [30] 久田見篤ほか：回転次数比例情報を用いた評価用自動車排気音の合成，日本音響学会講演論文集，p.371 (1989)
- [31] 岡本宣久ほか：合成音による自動車排気音の音質評価，日本音響学会講演論文集，p.491 (1989)
- [32] 古郡了ほか：加速排気音の次数成混合比が快，不快に与える影響，日本科学技術連盟官能検査シンポジウム，No.19，p.207 (1989)
- [33] 古郡了ほか：合成音による排気音の評価，自動車技術会学術講演会前刷集，No.902 (1990)
- [34] 畑秀二：輸送空間，感性計測先端技術集成，pp.215-221 (1991)

2.3 感性测量与魅力追求

2.3.1 概述

近年来，日本乘用车因经济不景气而出现整体持续低迷的情况现已告一段落，基础的廉价车型出现复苏兆头。虽然乘用车市场的消费倾向会受经济形势左右，但并不是便宜就好，希望用合理的价格买到好产品的基本消费倾向依然没变。面对这种基本消费倾向，乘用车各企业纷纷基于以人为本，优先考虑人的要素的理念，推出了重视驾乘性和舒适性等人机性能的乘用车。乘用车同样需要切实考虑对乘员对象的综合吸引力。

在造型方面，已经认识到要追求长生命周期的设计，需要实现合理性与感性的兼容。举例说明，降低空气阻力需要前部投影面积较小的流线形车身，但这一要求却与宽敞的车内空间相矛盾，兼顾两者，找到合适

的平衡点就是合理性与感性的兼容。

在汽车开发中，合理性部分作为实用性能一直以来都得到了充分的研讨，但是感性部分却有赖于造型人员的感受，判断好坏时多凭直觉。也就是说，合理的性能与造型风格等魅力诉求并没有在同一平台讨论。但是，用户对乘用车的要求不断提高，因此越来越需要综合地考虑合理与感性这两部分。例如，想要为人造出好车，从上下车方便性的角度考虑，车门开口越大越好，但是车门开口反过来会影响刚性感 and 振动平顺性。换句话说，要想从人的角度出发，定量地讨论出是增大车门开口提高上下车方便性对人的影响大，还是车身刚性感或振动平顺性下降对人的影响更大，这是非常困难的。

虽然合理性（性能）部分能够用数值量化表示，客观上的尺度较容易讨论清楚，但是感性方面的定量测量却没这么简单。在感性方面，既无法从真正意义上制定出客观尺度，也没有融入其中的概念。但是，即使精度不够，只要有尺度也能够进行性能方面的推敲（判断优先顺序）。目前该领域已经开始应用诸如 SD 方法等方法，原本这些方法都是应用在心理学中，为了明确和理解心理结构的心理测量方法。这也是一种尝试将人对产品的印象用语言尺度表示出来的方法。

上面我们从制造者的角度论述了感性测量的必要性，那么用户角度是如何考虑的呢？汽车已有 100 多年的历史，在此期间给人类的生活方式带来了巨大影响，生活范围也得到跨越式发展。对人来说，曾经的汽车可以扩大移动距离，运送大量物品，给人们的生活带来了许多方便，发挥了巨大作用，在某一时期，拥有车是一件非常值得夸赞的事情。近年来，随着产量增加，汽车逐步成为任何人都可以拥有的产品，因此它仅剩下身为行驶运输工具的功能，这样一来安装能提高行驶舒适性的装备也成为必然选择。例如，电动转向、电动车窗、收音机以及空调



等,最近有的车上还装备了按摩座椅。近来,充满物理舒适性的汽车本身追求的是高级和货真价实的良好氛围。正因如此,为了迎合用户价值观的变化,同样需要对用户进行感性评价。

2.3.2 感性评价的基础知识

这里提到的感性并不是单一的感觉(比如冷暖感觉),而是指多个感觉的集合,换句话说就是整体氛围或印象。对于能够分开评价的感觉,一直以来都采用精神物理学或测量心理学的方法开展高精度地定量化工作。下面,通过具有代表性的例子说明可用于上述感性评价的方法或解析方法。

感觉评价的试验方法有很多,如成对比较法、顺序法等,标准化的精度也相对较好。感性评价多种感觉的试验方法有SD法和协议法等,定量化的精度稍差。但是,综上所述,对汽车开展综合评价与研讨时将会用到这类方法。在这里,简单叙述一下SD法的主要内容,与其他的主观检查一样,都需要试验样本、评价参与者、实验环境、试验运行等(详细内容请参考主观检查指导书)。

所谓的SD法是语义分化法(semantic differential)的简称,又被译成语义微分法或语义测量法等。该方法是由C. E. 奥古德为测量语义所提出的。但是,现在它已经不再单纯的用于语言概念,而把对政治、社会、商业的看法、态度作为评价对象而广泛应用,特别是在主观检查领域,用于评价颜色、形状、声音、味道、气味等具体的感觉刺激。

在SD法中,为了多维地表示出评价对象所包含的内容,会用两边成对的反义词作为评价尺度,如高级-低级,女性化-男性化,平淡无奇-与众不同等。评价尺度一般分5~7个等级,通常采用10~30个,基于各尺度评出该评价尺度下的印象。这些尺度

就是语义尺度,必须根据评价对象群体的性质、调查目的、参与试验人员的性质等不断变化。例如,事先向少数参与试验的人员提出评价对象的群体,然后让他们通过自由联想回答出形容词,再从中选出语义尺度。

利用评价结果,首先要分别赋予尺度各阶段诸如1~7分, -3~+3分等分值,然后量化出试验人员的各评价数值。这样一来,就可以从不同角度对量化出来的数值评价进行统计学处理。

① 对于各个评价对象,分别按照各个评价项目,基于参与试验人员的评价值计算出平均值,然后再在尺度上描点并连成线,图2-3-1就是连成线后可直观感受的示意图,称作轮廓图。

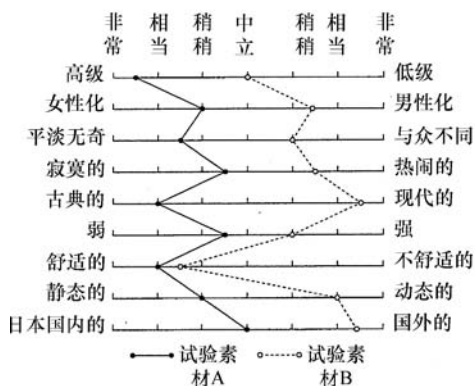


图2-3-1 SD法的举例

② 评价对象每两个一组,这样一来各个评价值就能够按照各个评价项目成对出现,再据此算出相关系数,然后就可以根据其大小分析出对象之间的相似性。

③ 进一步将评价项目每两个一组,这样一来就能够算出各个评价项目相互关系中的相关系数,以这些相关系数的集合(叫作相关矩阵)为出发点,进行因子分析,寻找评价对象群体包含内容的基本结构。根据至今为止针对多个SD法的结果进行因子分析可知,与价值有关的因子包括好-坏、

舒适 - 不舒适等；与力量性有关的因子包括强 - 弱、重 - 轻等；与活跃性有关的因子包括快 - 慢、喧闹 - 安静等。

在这种情况下，各个评价对象都能够通过由价值、力量性、活跃性这三个因子正交得出的三维空间中的某一点表示出来。此处的空间指语义上的空间。

④ 接下来，要分别按照各评价项目，解析出评价项目的各个特点对得分有怎样的影响。首先，要选出评价对象群体的特征项目（Item）和与该项目有关的种类（Kategorie），然后再根据项目和种类对评价对象进行分类。这样一来，就能够根据各个评价项目解析出每个评价对象为什么得到这样评分。各评价项目的评价对象得分相当于目标变量，而评价对象的项目种类就相当于说明变量的回归分析。由于项目的分类不是定量

数据，而是定性数据，因此这种情况不仅会用到回归分析，还要用到数量化分析 I 类分析。举例说明数量化分析 I 类分析，它是指基于性别、职业、支持政党等定性的因素信息，说明或预测定量测得的评价项目值的方法，在回归分析领域，经常赋予说明变量定性的形式并加以利用。

现在假设每个个体（评价对象）对评价项目得分和各种因素项目种类的反应如表 2-3-1 所示。目的是通过每个个体会对哪个不同要素的项目种类做出反应来预测该个体的评价项目值。在数量化 I 类中，先对每个项目、种类赋予一定的数量（得分），再加上每个个体种类的数量，就是该个体的数量。此时，数量化 I 类的基本思路就是使每个个体的数量与得分值尽量接近，然后再可操作地确定出种类的数量。

表 2-3-1 数量化 I 类的数据

个体	项目 种类 外部标准	1	2	...	R
		1, 2, ..., C ₁	1, 2, ..., C ₂	...	1, 2, ..., C _R
1	y ₁	✓	✓		✓
2	y ₂	✓	✓		✓
3	y ₃		✓	...	✓
⋮	⋮	⋮	⋮		⋮
⋮	⋮	⋮	⋮		⋮
⋮	⋮	⋮	⋮		⋮
n	y _n	✓	✓		✓

2.3.3 感性测量的应用案例

a. 汽车内饰的评价结构

该研究的目的在于通过调查普通人从怎样的角度评价汽车内饰，明确汽车在感觉上的定位并战略性地考虑今后要开发的车型概念。

研究方法首先进行评价试验，就是让多位评价人员使用评价用语，为多款实车逐一

进行打分，然后再根据试验结果对评价用语进行因素分析。表 2-3-2 表示评价用语及其因素分析结果。根据表 2-3-2 可知，一般人几乎都从三个角度来评价汽车内饰，这三个角度（因素轴）可以分别解释为与空间质感有关（暖 - 冷等）、与容量有关（结实耐用 - 华而不实等）、与流行有关（近代的 - 古典的等）。



表 2-3-2 因素负荷量表

评价用语（尺度）		因素			通用性（ h^2 ）
		1	2	3	
温暖的	寒冷的	-0.965	-0.029	0.950	0.949
柔软的	坚硬的	-0.952	0.126	0.164	
闲适的	紧张的	-0.899	-0.142	0.320	
舒畅的	不自由的	-0.876	-0.126	0.174	
湿润的	干燥的	-0.872	-0.386	0.075	
敞开的	封闭的	-0.754	0.494	-0.060	
整齐的	凌乱的	-0.649	0.262	0.475	0.716
结实耐用的	华而不实的	0.081	-0.976	-0.057	0.963
重的	轻的	0.337	-0.882	-0.260	0.891
豪华的	简单的	0.211	-0.882	-0.260	0.891
安全的	不安的	-0.388	-0.860	0.326	0.960
稳定的	不稳定的	-0.426	-0.757	0.372	0.894
正式的	休闲的	-0.102	-0.763	0.570	0.917
宽敞的	小巧的	-0.599	-0.710	0.062	0.867
昏暗的	明亮的	0.640	-0.648	0.294	0.915
近代的	古典的	-0.076	0.185	-0.934	0.912
个性的	普通的	0.325	0.006	-0.924	0.964
有趣的	实用的	0.439	-0.059	-0.873	0.958
艳丽的	朴素的	0.523	-0.108	-0.818	0.955
奢侈的	简朴的	-0.458	0.251	-0.743	0.824
兴奋的	冷静的	0.267	0.663	-0.680	0.974
	固有价值	7.263	6.493	5.315	19.072
	贡献率	38.08%	34.14%	27.87%	
	累计贡献率	38.08%	72.13%	99.99%	

图 2-3-2 表示的是用于试验的汽车在因子轴上的分布。图 2-3-2 中的 X、Y、Z、U 代表汽车公司，下标是按排量顺序表示的各公司的销售车型。下标数字越小，代表发动机排量越大。可知第二因素容量（Ⅱ轴）几乎是遵循车型排量。另外，虽然 Y 公司是按照排量从小到大的顺序强化近代评价（Ⅲ轴）的，但是其他公司却看不出这样的系列化。而且，Y 公司的车型全部在Ⅰ轴和Ⅲ轴的正向区域，得到了既近代又温暖的评价。相对地，X 公司的车型全部位于Ⅲ轴负向的领域，可知被评价为古典。从Ⅰ轴来看，对各公司的车型特征等方面很感兴趣（如上文所述，这不是现在的评价）。对于没有汽车分布的语义空间来说，比如图 2-3-2 中的阴影部分（温暖且轻的空间，温暖且古典的空间等），由于评价车型中没有相当于这部分语义空间的部分，只能成为新概念的

候补。

b. 造型设计要求与感性之间的关系

该研究的目的在于定量地找出普通人对整车内饰的感觉与造型要素的关系，并将这些数据用于实际的造型设计工作。

该研究采用的方法如图 2-3-3 所示。首先，要使用大量的评价用语、试验者和车辆，这一点基本与上文的内饰结构评价相同，并分别对每款车的评价用语打分。其次，要提取各款车的造型要素，并将这些造型要素分成若干类。然后决定用于试验的车型属于造型要素中的哪一分类。随后对实验结果和每款车的造型要素分类表进行数量化Ⅰ类分析研讨，并将结果汇总成表，形成数据库。这里提到的数量化Ⅰ类分析是指质量数据（诸如圆形或方形的不具备质量意义的数据）的解析方法。

表 2-3-3 表示该研究中开展的整车内饰



造型要素及类别分类表。考虑到评价试验的规模, 需要考虑造型要素的数量和分类的数

量。值得注意的是如果选取的数量过多, 则会导致解析的可靠性降低。

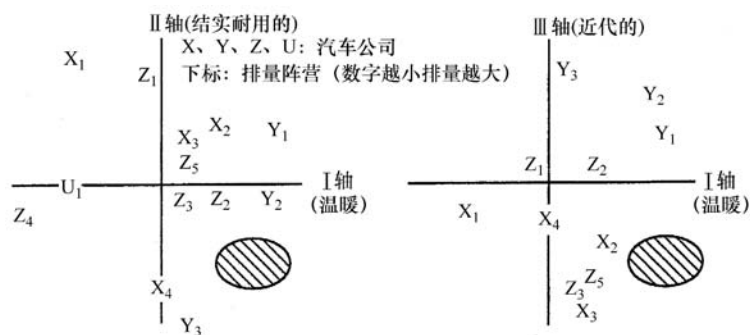


图 2-3-2 汽车的分布

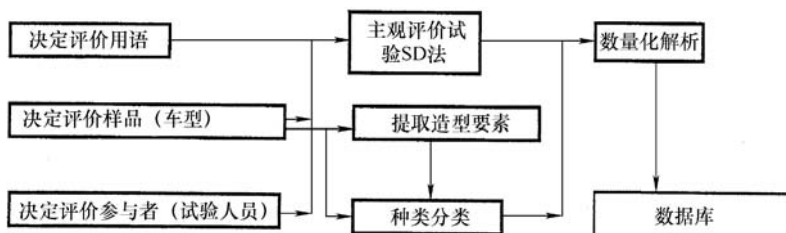


图 2-3-3 方法流程

表 2-3-3 造型要素

装置的形状 · 圆形 · 方形 装置的厚度 · 厚 · 薄 装置上的高度差 · 有 · 无 车门·装置·前立柱的切点处理 · 一体 · 分体 装置的颜色 · 黑色 · 棕色 · 蓝色 · 红色 前立柱的颜色 · 浅色 · 与装置同色系	显示仪表组和中心仪表组 · 一体 · 分离 显示仪表组的宽度 · 大 · 小 显示仪表组和装置 · 一体 · 分体 有无旋入开关 · 有 · 无 显示仪表组的形状 · 椭圆 · 梯形 · 四边形 显示仪表数量 · 1个 · 2个 · 3个 指针的颜色 · 橙色 · 白色	通风口格栅包含中心仪表组 · 包含 · 不包含 装置和中控板 · 一体 · 分体 中心仪表组的形状 · 平行 · 上扩 · 高低不同 扶手 · 大 · 中 · 小 车门的配色 · 1种颜色 · 2种颜色(不显眼) · 2种颜色(显眼) 车门花纹 · 素色 · 花样(小) · 花样(大)	座椅颜色 · 与装置同色 · 浅色 座椅的配色 · 1种颜色 · 2种颜色(不显眼) · 2种颜色(显眼) 座椅花纹 · 素色 · 花样(小) · 花样(大) 转向盘辐条数 · 2条 · 3条 摩擦块与轮辐 · 连续 · 不连续 转向盘颜色 · 黑色 · 与装置同色系
--	---	--	---



表 2-3-4 是以评价用语——“运动风”为外部标准展开数量化 I 类分析的一部分结果。表中的复相关系数代表按照表 2-3-2 的造型要素分类，说明评价用语程度的数字；

偏相关性系数表示对各项目的外部标准（也就是“运动风”这一印象）的贡献度，得分就是右侧的柱状图实际数值，表示分类对外部基准是正影响还是负影响。

表 2-3-4 “运动风”数量化 I 类分析结果

项目	分类	得分	偏相关	-0.5 非运动风	0	运动风 0.5
装置的形状	1. 圆形	0.105	0.111			
	2. 方形	-0.043				
装置的颜色	1. 黑色	0.449	0.695			
	2. 棕色	-0.686				
	3. 蓝色	-0.172				
	4. 红色	-0.489				
显示仪表组的宽度	1. 大	-0.256	0.286			
	2. 小	0.106				
显示仪表组的形状	1. 椭圆形	-0.158	0.524			
	2. 方形	-0.333				
	3. 四边形	0.344				
有无旋入式开关	1. 有	0.240	0.436			
	2. 无	-0.240				

如果从“运动风”的角度考虑整车内饰，可知造型要求装置为圆形，颜色为黑色，要求显示仪表组宽度要小，形状为方形且具有旋入式开关，而且转向盘辐条要为 3 根。

同样，表 2-3-5 是针对评价用语——“温暖”而展开的部分数量化 I 类分析结果。此时，可知要求装置形状为圆形，颜色为棕色，而且显示仪表组要大等。

表 2-3-5 “温暖”的数量化 I 类的分析结果

项目	分类	得分	偏相关	-0.5 寒冷	0	温暖 0.5
装置的形状	1. 圆形	0.051	0.099			
	2. 方形	-0.021				
装置的颜色	1. 黑色	-0.283	0.703			
	2. 棕色	0.535				
	3. 蓝色	-0.016				
	4. 红色	0.297				
显示仪表组的宽度	1. 大	0.118	0.233			
	2. 小	-0.049				
显示仪表组的形状	1. 椭圆形	0.089	0.321			
	2. 方形	0.101				
	3. 四边形	-0.132				
转向盘的颜色	1. 黑	0.165	0.184			
	2. 与装置同色系	-0.240				

接下来,为了便于应用表 2-3-4、表 2-3-5 的数据,构建了图 2-3-4 中的系统。当向该系统输入某一描述感觉的用语时,就能根据表 2-3-4、表 2-3-5 的数据确定造型要素,再以此为依据确定出不矛盾的内饰零件并输出。此时,根据造型要素决定内饰零件的方法就按照图 2-3-5 表示的流程展开。

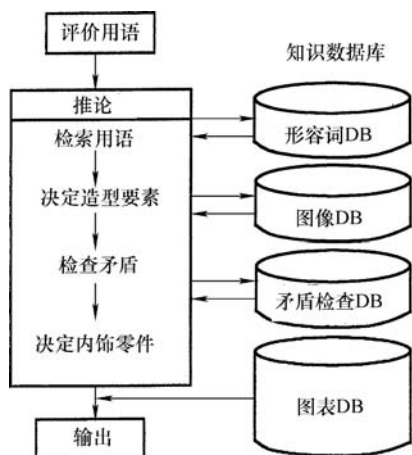


图 2-3-4 系统构成图



图 2-3-5 造型要素与造型零件的对应

通过上述系统的构建,使得曾经专属个

人能力积累且难以普及的感觉技术变成谁都能加以利用的形式,获得造型与设计在感觉上的质量提升。

2.3.4 汽车领域感性测量方法的现状与课题

本节将阐述汽车整体开发与感性测量之间的关系现状。首先,要说明处于开发的各个阶段与感性测量之间的关联。

图 2-3-6 表示汽车开发的简要流程图。在汽车开发的最开始,要先明确整车概念和目标用户等要素,然后再开展造型设计工作将研发推向深入。在提出整车概念时,要本着开发车型符合未来目标用户感性需求设定方案,然后再根据整车概念进行开发。产品策划部门提出概念方案时,不仅要预测目标用户的感性需求,还要综合考虑本公司的擅长技术、拥有资源、经营战略、特点化及与竞争企业关系等复杂要素。此处提及的感性测量就是指能够说明哪些感觉对目标用户有吸引力或者哪些感觉是目标用户所追求的新鲜诉求等内容的根据。

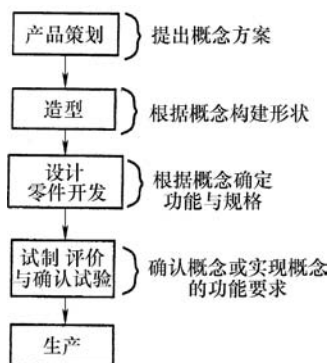


图 2-3-6 感性测量在与各开发阶段的关联

造型与设计部门根据产品概念决定造型和设计规格,正是车企进行感性测量的目的所在。感性测量的方法多种多样,除了如上节提及的数量化 I 类解析法这种定量方法以外,还可以通过调查现实存在且已开展了感性评价的车辆,然后找出重要因素的定性方法。



试制试验部门会采取试验人员进行感性评价试验的方式，确认开发车型是否符合产品概念或具有相应的功能。上述汽车开发流程本身可以说成是感性测量，各部门纷纷独立地进行感性测量。

下面将叙述汽车开发中的感性测量今后可能存在的问题。

一般来说，各家汽车公司都拥有自己独立的设计标准，而且通过这些设计标准积累并传承自己的技术。但是，无论哪家公司，与感性测量有关的设计标准都少之又少。这是因为人的感觉本身实时都在发生变化，而且某种程度上还会因人而异，所以形成标准非常困难。另外，与感性测量有关的技术诀窍都储备在个人的脑海当中，想变成一般的技术理论非常困难，因此主要还是以个人的使用方式为主。

但是随着客户对车的要求越来越高，感性诉求也朝向复杂化和高级化发展，因此每次开发新车都必须开展调查和研究。不仅要

积累随时间变化较少的数据，在结合使用方面，形成一般化的标准也将成为今后新车开发的要求；还需向全员渗透感性工程的思考方式。

从利用感性测量使汽车变得更加有吸引力的角度出发，可知目前还未开展测量的领域还有很多，目前汽车领域还有许多未竟的事业。表 2-3-6 表示的就是具体的课题，今后必须全力以赴的课题有行驶领域（动态领域）的感性诉求和以人为本的信息提供方式等。长期以来，在行驶领域一直致力于提高功能和性能，目前已经达到可获得常人难以习惯的性能水平，但是今后仍期待可进一步提高行驶感觉。另外，考虑到车载导航等信息装置将不断增加，在以人为本的信息提供方式上必然要考虑汽车人机界面的创新。正如表 2-3-6 显示的那样，为了更加深入的了解评价测量方法及人与汽车关系的高度发展，进一步促进感性测量方法的发展将成为一项课题。

表 2-3-6 感性工程的技术课题

课题		具体举例
对整车策划的贡献		情绪结构（例如高级感），用户的组群分类等
提高功能与性能感性诉求	行驶性领域	操纵性、稳定性、振动、乘坐舒适性、加速性
	驾驶性，易用性	视野、视认性、操纵性、座椅落座性、上下车方便性、加载性、信息识别性、照明
	内饰舒适性	居住性、空调舒适性、内饰触感、室内噪声与音质、香味与气味
	风格（造型）	涂装的鲜明性，内饰质感
“人与汽车”具有特点的课题解析和新硬件创造		驾驶疲劳及晕车解析、防止疲劳驾驶与酒后驾驶等主动安全技术 驾驶技能解析及驾驶辅助装置，个体应对（学习控制）技术、车内外交流应对技术等
发展评价方法与测量方法		感性领域的评价方法、神经与生理负荷的测量方法等
研究透彻“人”的高级化		感觉（五感特性，五感的相互关系） 生理与生物（结构、构造、功能） 心理（信息处理、认识过程、情绪构成）
充实研究开发基础		形成数据库（例如老年人） 建立试验参与者机制 最新的试验设备（人体测量传感器）等

【神藤富雄】



参考文献

- [1] 長町三生：情緒工学とその応用，人間工学，22巻，6号，pp.319-324 (1986)
- [2] 柳島孝幸，長町三生：自動車インテリアの感性人間工学，人間工学，24巻，特別号，pp.38-39 (1988)
- [3] 長町三生：自動車の感性工学的アプローチ，自動車技術，43巻，1号，pp.99-104 (1989)
- [4] 柳島孝幸：自動車の感性人間工学，電気・情報関連学会 (1990)
- [5] 長町三生：感性工学，海文堂 (1989)
- [6] 河口至商：多変量解析入門Ⅰ，Ⅱ，森北出版 (1973)
- [7] 奥野忠一ほか：統多変量解析法，日科技連 (1986)
- [8] Y. Shimizu et al. : Analysis of Automobile Interiors Using A Semantic Differential Method, Proc of the Human Factor Society 33rd Annual Meeting, Vol.1, pp.620-624 (1989)
- [9] T. Jindo et al. : An Evaluation Structure of Automobile Interiors Using Multivariate Analysis, 23rd Fisita Congress Technical Papers, Vol.2, pp.635-641 (1990)
- [10] 会津庄一：乗用車デザイン，自動車技術，48巻，7号，pp.34-37 (1994)
- [11] 佐藤信：官能検査入門，日科技連，p.45 (1985)
- [12] 神藤富雄：自動車開発における感性手法の役割，経営システム，第2巻，第2号，pp.135-141 (1992)

第 3 章 基于人机工程的新技术

3.1 降低负荷

通常提到汽车的舒适性，马上能想到的就是座椅的舒适性好、整车的平顺性好、内饰的触感好以及开关操纵简单等，舒适性大致可分类为降低负荷、方便性、愉悦性、不疲劳、易看清、易掌握或是感觉好、安静、宽敞等感性上的契合以及精神上的满足、无忧等。

其中的降低负荷，不仅包括图 3-1-1 所示的降低感觉上的负荷与判断上的负荷，还包括降低姿势、动作、执行器系统的负荷。

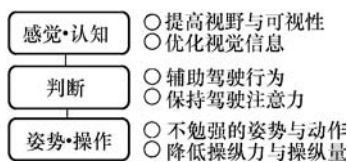


图 3-1-1 降低驾驶负荷

3.1.1 降低驾驶操作系统的负荷

驾驶所需的装置及行驶中要操作或使用的装置必须充分与人相匹配。转向、换挡、踏板、开关等都属于这些装置的范畴，可见极其多种多样。而且，支配和人匹配的元素也很多，比如装置的功能、形状、操作方式、操作力及布置等。

最关键的要素会因装置的不同而不同，但是一般来说，不是某一要素作用显著就够了，而要讲究各个要素的平衡才是最重要的。驾驶人操纵的装置除了要具备生理负担小、容易操纵的特点，还需要不易发生误操纵。

诸如转向盘、变速杆、踏板等都是驾驶中经常要操纵的装置，因此尤为重要。座椅

上的驾驶人与这些操纵装置的相对位置关系就叫作驾驶位置，它是汽车设计中最重要项目之一。驾驶位置的好与坏与方方面面都密切相关，它不仅影响与汽车特性的匹配和与视野之间的关系，还会影响座椅特性及装置的操纵力或操纵行程等，因此要充分考虑诸如此类的相互作用和相互影响。

操纵系统功能部件（开关、变速杆、踏板、转向盘等）相对于人的落座姿势来说，布置位置是否合理，能够毫不勉强地进行操纵和执行动作是汽车操纵性中的重中之重，同时还要考虑避免误操纵。但是要想把众多操纵零件全都布置到最恰当的位置是非常困难的，实际上都是先保证重要程度及操纵频率高的操纵零件，然后再顺次展开设计，可是出现不满足要求的问题依然不少。有时，也会将使用频率较高的开关类装置脱离仪表盘，直接布置到握住转向盘的手边位置。

近年来，随着功能的多样化，操纵部件不断增加，操纵频率不断提高，越发体现操纵的疲劳感。而这一变化势必导致功能零件向集成化、动力电动化和自动化的方向发展。

图 3-1-2 表示的是降低操纵负荷的研究方法举例。该方法先有操纵装置、有了驾驶人，再给出驾驶目标。随后，在这个过程中测量姿势和动作，预测负荷并完善成更好的装置。此时，如果能进一步利用主观评价或基于尺寸测量、动作解析、肌电位等身体反应测试的人机工程方法或生物学上人体肌肉负荷模型等辅助工具，就可以确定出更加合理的操纵范围和操作力。

关于具体环节中所进行的驾驶操纵，将

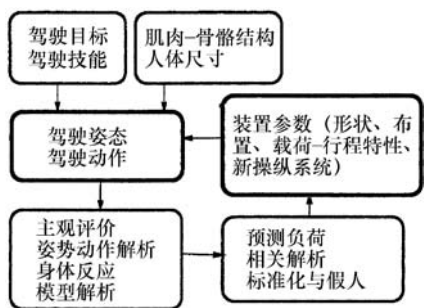


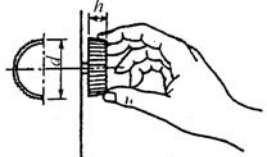
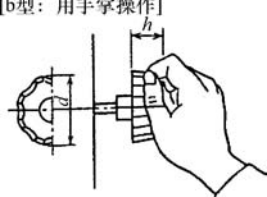
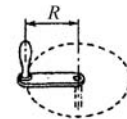
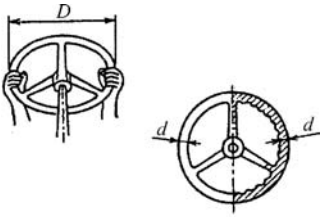
图 3-1-2 降低操作负荷的研究方法

a. 降低与转向盘有关的负荷

解析技术与研究案例：通常，人机工程所推荐的操作装置规格是外径尺寸 180 ~ 520mm，手握处的直径 20 ~ 50mm，具体参见表 3-1-1。关于肩宽与手握尺寸以及转向盘尺寸的关系，我们了解到当转向盘的外径大小相当于驾驶人肩宽的 78% ~ 90%，转向盘手握处粗细相当于食指能够握住尺寸的 167% ~ 199% 时比较合适。

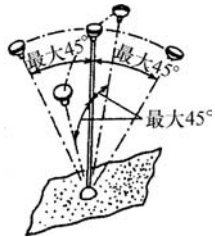
通过详细事例进行说明。

表 3-1-1 各种操作装置的推荐规格

操纵装置的类型	大小	操纵范围	操纵力范围	操纵时间	形状
用于连续控制的旋钮	[a 型] 直径 d : 10 ~ 100mm 6 ~ 100mm (旋转力矩很小时) 高度 h : 12 ~ 25mm [b 型] 直径 d : 35 ~ 75mm 高度 h : 15mm	无限制 无限制	力矩: 450cm · g 以下 力矩: 2500cm · g 以下		[a型:用指尖操作]  [b型:用手掌操作] 
摇柄	半径 R : 12 ~ 500mm 最优值 70 ~ 90mm (摩擦阻力小) 120mm (摩擦阻力 1kg)	无限制	$R > 120\text{mm}$ 时 0.9 ~ 2.5kg $120\text{mm} < R < 200\text{mm}$ 时 2 ~ 4kg (快速连续旋转操作) 1 ~ 3.5kg (结合正确位置)	快速 快速, 连续旋转	 需要准确调整时,使用固定把手
转向盘	直径 D : 180 ~ 520mm 剩余部分的厚度 d : 20 ~ 50mm	从 0 不超过 $\pm 60^\circ$ 的范围内有效	2 ~ 13kg (单手操作) ~ 25kg (双手操作)		 考虑在转向盘的边缘增加凹凸的话,手指能够更切实地发挥握力,因此能够施加额外的操作力



(续)

操纵装置的类型	大小	操纵范围	操纵力范围	操纵时间	形状
变速杆	由于需要前后方向的长距离操纵, 因此长杆比较合适	前后方向: ≤350mm 左右方向: ≤950mm 操纵角度: 不足 90°	单手操作时: 1kg ≥ 前后方向: 1 ~ 13kg 左右方向: 1 ~ 9kg (但是, 仅限于连续使用)	快速	

另外, Gaertner 等人提出了运用肌电图, 决定手部操纵范围的方法 (图 3-1-3, 图 3-1-4), 这为研讨移动操纵装置时的操纵范围提供了有效数据。只是这种方法是根

据腕部桡骨和尺骨的移动制定的, 因此, 实际在考虑转向盘操纵时还需考虑肩部与上臂的动作影响。

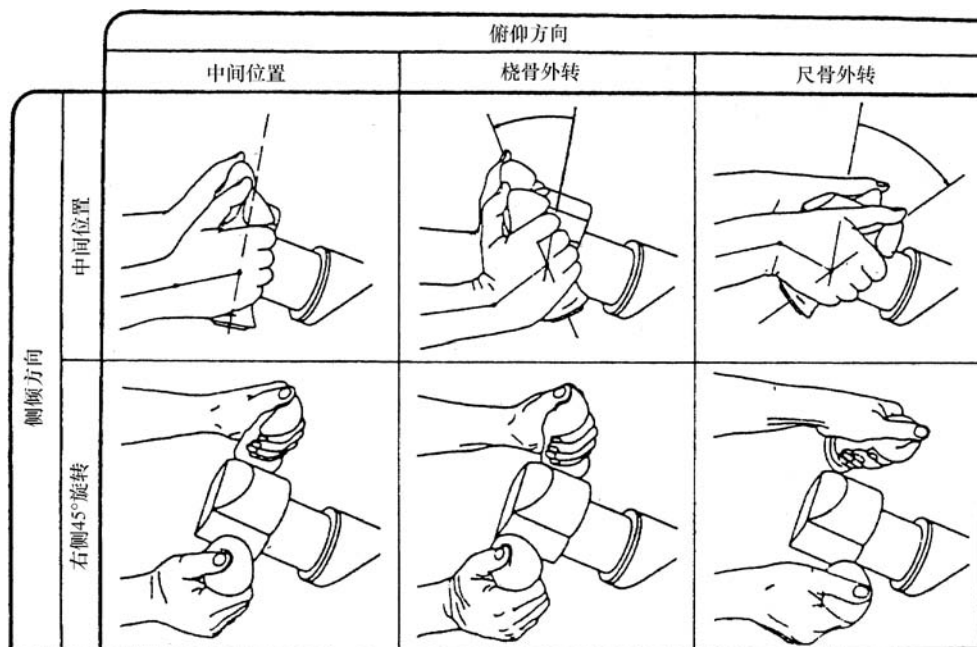


图 3-1-3 手部操纵范围的规定

b. 降低与变速杆有关的负荷

(i) 解析技术与研究案例 试验情景如图 3-1-5 所示, 将屋顶打穿, 使得能够分别从上面和侧面对乘员动作进行 3D 解析。在测量操纵变速杆动作的同时, 测量并解析肌电图与心电图, 图 3-1-6 为解析结果。

在落座于驾驶席握紧转向盘的条件下, 选择自认为合适位置进行试验。这项试验体现出了此时相对于臂长, 肩部到转向盘中心 OW 点的距离之比 (Y 方向 □, Z 方向 +) 的分布。大约对 180 人实施了此项试验, 虽然多数臂长各不相同, 但是从结



果可知, 相对于臂长 0.65, 纵向为 0.1 左右的分布最为规整。也就是说, 二者都不依赖臂长 (几乎与身高成正比), 而是基本处在某一个值, 可见当驾驶人判断合适时的手臂的连接角度就会处于非常有限的范围内。

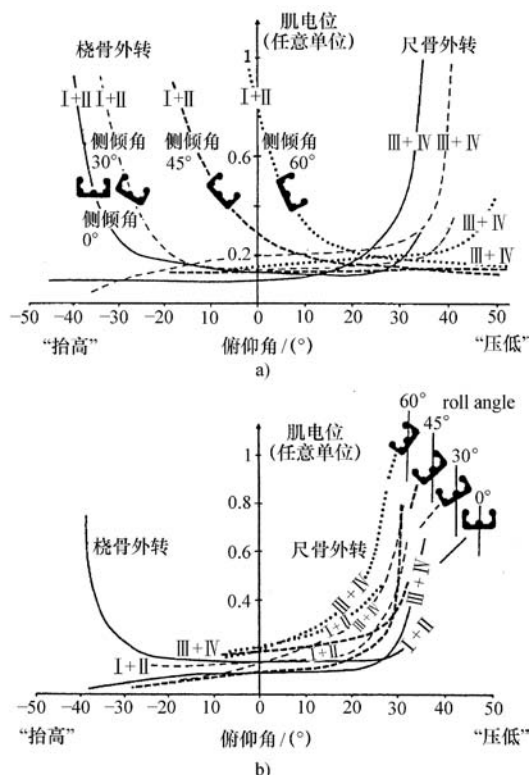


图 3-1-4 手部操作角度与肌电图比较

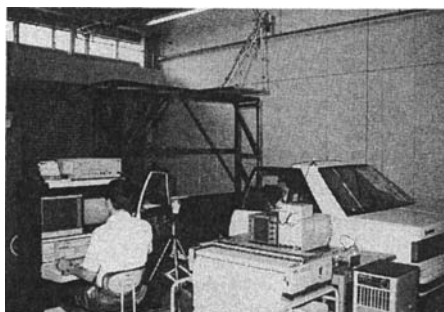


图 3-1-5 动作解析试验情景

接下来, 改变落座位置, 根据实际换挡操纵时的动作解析结果得出换挡行为中的变速杆移动距离和相对于速度而言的各节移动比率和速度比率一样, 求出转向行为中手腕的移动距离和相对于速度而言的各节移动比率和速度比率, 并用图 3-1-7 表示。分别按照各位置关系表示出移动变速杆时的动作和速度的量, 再根据身体各部存在极小值的事实, 确定座椅滑轨的移动量和转向盘的位置。

(ii) 整车上的应用举例 变速杆布置在仪表板上的新布置形式 (图 3-1-8) 实现了无须大幅移动上肢的低负荷换挡位置。它具有以下优点:

① 驾驶时手不用离开转向盘太多即可操纵。

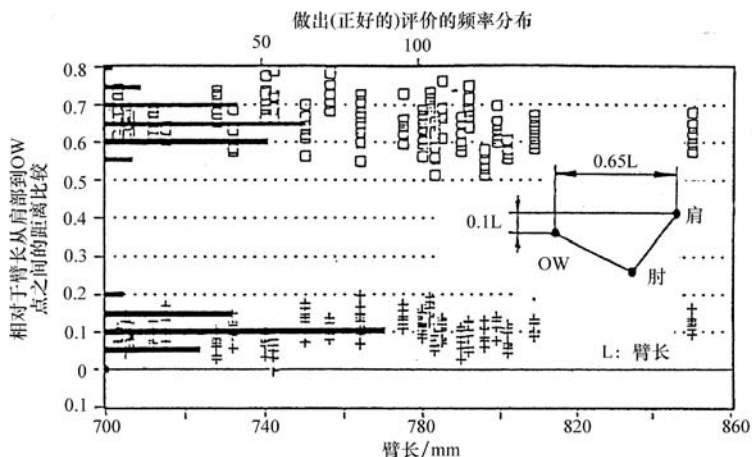


图 3-1-6 相对于臂长的距离之比的分布

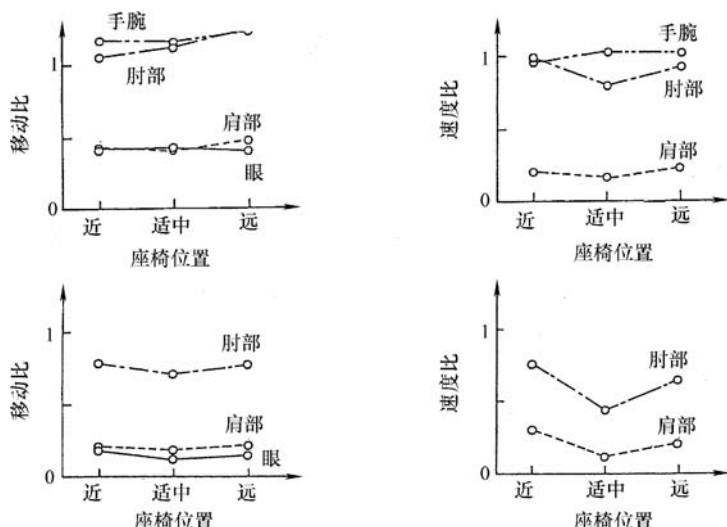


图 3-1-7 换挡和转向盘的移动距离与速度比



图 3-1-8 新布置形式

② 换挡时保持面向前方即可操纵。

③ 通过改为定位板式换挡取消了档位切换时的按钮操作。

定位板式换挡常见于日本国产豪华车 (图 3-1-9) 及某些外国车型上, 它不仅可以降低负荷, 还有利于提升节奏感和安全性。



图 3-1-9 定位板式布置形式

近来, 称为 Tiptronic 或 Sports mode shift (图 3-1-10) 等的操纵装置可以说追求的是“敏捷行驶”, 迅速且驱动力不中断的运动型风格, 而从无须操纵离合踏板等方面来看, 还兼具降低负荷的效果。

另外变速杆及驻车制动杆的形状 (图 3-1-11、图 3-1-12) 采用了容易让人握住的形状, 因此更容易施力。

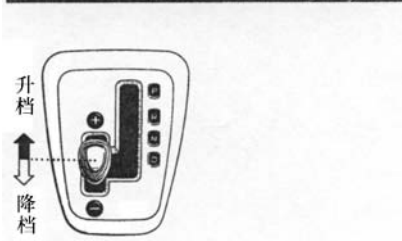


图 3-1-10 Sports mode shift



图 3-1-11 容易握住的变速杆



图 3-1-12 容易握住的驻车制动杆

c. 降低与踏板有关的负荷

(i) 解析技术与研究案例 在踏板操纵中, 踏板与座椅高度差及踏力之间的关系用图 3-1-13 ~ 图 3-1-15 中的踏板设计范围目标及常用的 $140^\circ \sim 160^\circ$ 的座位上的膝关节角度来表示。

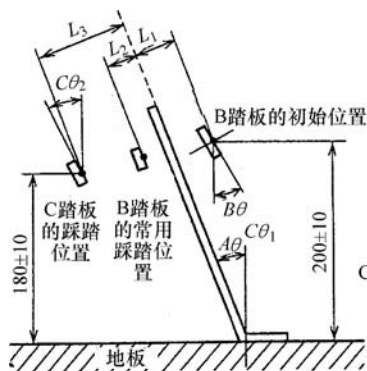


图 3-1-15 踏板的设计目标

(ii) 整车上的应用实例 目前的踏板设计工作就是基于上述条件展开的, 但普遍

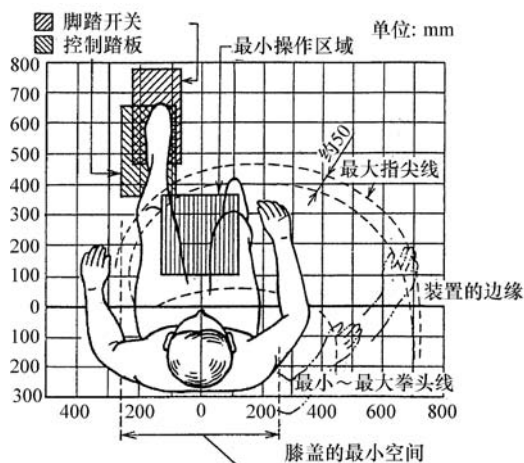


图 3-1-13 踏板的最佳操作区域 (平面图)

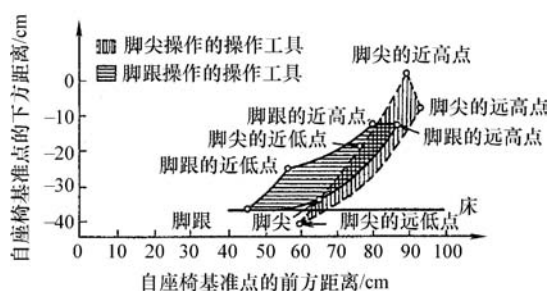


图 3-1-14 踏板的最佳操作区域

石田根据传统的知识及踏板力-行程曲线总结出了操作简单、踩踏好用的踏板条件。

实际应用区域

- L_1 : $0 \sim 40\text{mm}$ (C踏板 $0 \sim 50\text{mm}$)
- L_2 : $-10 \sim 20\text{mm}$
- $B\theta \& C\theta_1$: $29^\circ \sim 30^\circ$
- $C\theta_2$: $-$
- $A\theta$: $20^\circ \sim 23^\circ$
- C踏板的行程量: $105 \sim 155\text{mm}$
- L_3 : $0 \sim 75\text{mm}$



过度运动,可遗憾的是即便是日本的豪华车上也没有多少采用的。

d. 降低与开关有关的负荷

(i) 解析技术与研究案例 开关虽然不是直接的驾驶操纵,但却需要在驾驶中确保各种开关操纵简单。

开关操纵简单的条件如下:

- 位于容易看清、容易触碰的位置。
- 操纵方法容易掌握、自然。
- 合理的大小、形状与操纵空间。
- 操纵后要有明确反应(操纵感),另外,

容易触碰的位置可以用图 3-1-16 中的手部操纵范围包络面进行评价。

手部操纵范围通常以肩点 SP (Shoulder Point) 为基准考虑,因操纵对象的不同,有

时会出现 SP 前后上下移动、不稳定的情况。该移动操纵范围的原点叫作 EO (Ergosphere Origin), 操纵范围的研讨步骤如下:

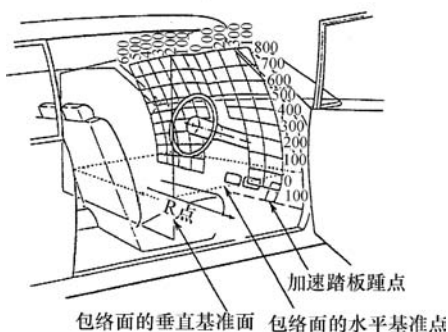


图 3-1-16 手部操纵范围包络面举例

① 根据图 3-1-17 的腿部空间, 求出相当于 JM50 的 AHP 标准的 HP 位置。

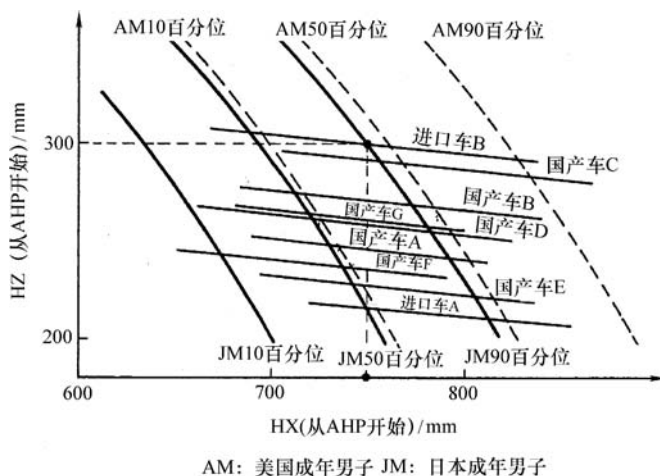


图 3-1-17 腿部空间

② 在经过 HP 且后倾为 8 的直线上, 通过 HP 把 338mm 的点当作 EO 并求出。

③ 以 EO 为中心, 根据图 3-1-18 的条件求出半径, 再画出圆就是要求的操纵范围。

操纵范围 L 是

$$La = R + \hat{O}U(a)$$

各自代表的含义如下:

La : 表示 α 百分位的操纵范围;

R : 表示操作范围的平均值;

$\hat{O}$: 表示操作范围的标准方差;

$U(a)$: 表示在 $\hat{O}U(a)$ 下方, 概率为 $\alpha\%$ 时的正态分布系数。

R 值可以按照操作种类的不同, 根据图 3-1-19 求得。

在提高开关操作感方面, 实际上人感觉到的是操作时指尖所体验到的轻重感或是行程量, 也就是说 F-S 特性在发挥着作用。

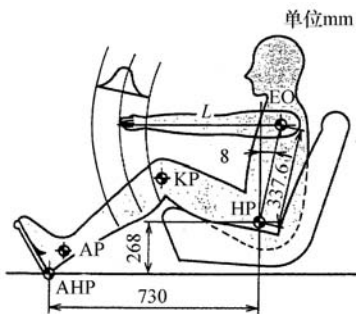


图 3-1-18 手部操纵范围

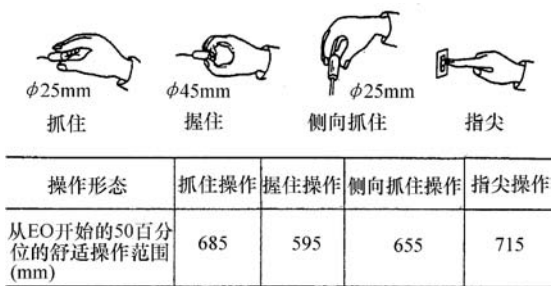


图 3-1-19 操纵形态与操作范围

$F-S$ 曲线特性因操作类型的不同而不同(图 3-1-20), 某种程度上对该特性的量化工作已经展开(图 3-1-21, 表 3-1-2)。

(ii) 整车上的应用实例 为了尽量减少驾驶时视线从前方转移到其他地方, 无须改变姿势就能够操纵各类开关, 近年来的设计大多采用图 3-1-22 的方式, 增大开关大小并考虑手部操纵范围进行合理布置。在上方设置视认频率较高的装置进行上臂肌电分析并设计能减轻操纵时肌肉负担的仪表倾斜角度。

图 3-1-23 中的操纵仪表与显示部分分离, 开关集中布置在容易操纵的地方, 其中操纵频率最高的开关也设计成刻度盘式并布置在中间。另外, 刻度盘式开关比其他开关突出的设计非常关键, 因为从手部操纵范围来看, 它要比按钮更容易抓牢旋转才行。

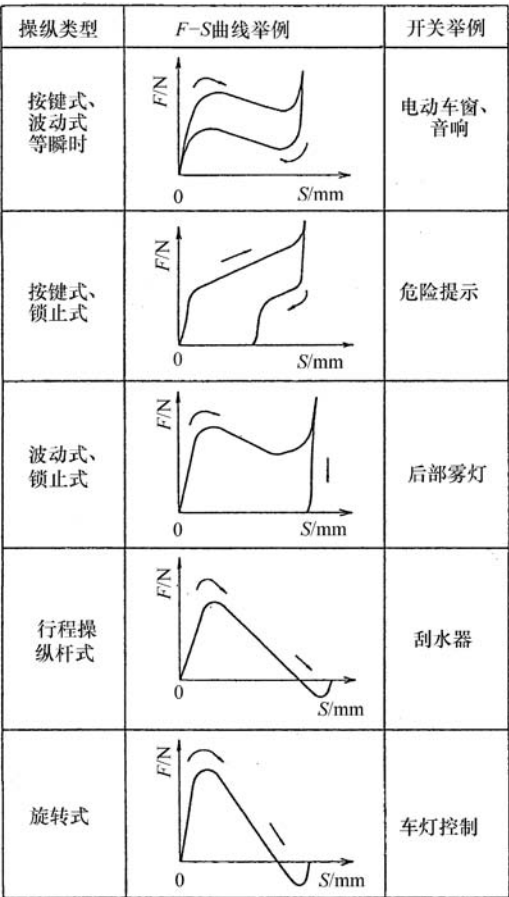


图 3-1-20 开关的 $F-S$ 曲线

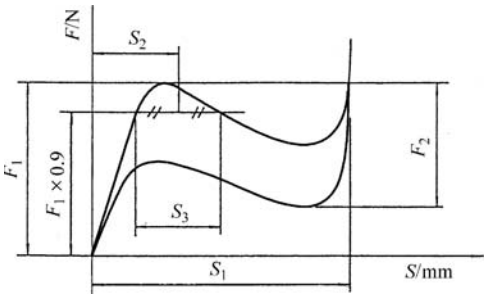


图 3-1-21 开关的 $F-S$ 特性项目

表 3-1-2 $F-S$ 特性的适应性范围

操纵感	特性项目	恰当范围
轻重感	F_1 (最大载荷)	3 ~ 6N
行程	S_1 (全行程)	2 ~ 5mm
节奏感与平滑性	F_2/F_1 (往返的滞后)	0.6 ~ 0.8
	S_2/S_1 (峰值载荷的位置)	0.2 ~ 0.4
	S_3/S_1 (峰值载荷的尖锐性)	0.2 ~ 0.4

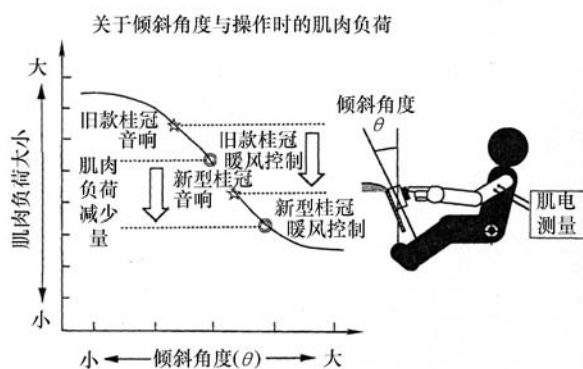


图 3-1-22 考虑手部操纵范围的开关布置



图 3-1-23 操纵简单的开关

3.1.2 降低座椅的负荷

座椅是舒适性中不可或缺的元素之一，它需要在各种驾驶场景下，如高速行驶、长时间行驶或市区行驶时，都能使乘员保持自由的乘坐姿态。正因如此，许多具有多种调整机构，诸如滑动、倾斜、升降、大腿支撑、侧方支撑、腰部支撑等功能的座椅得以

开发。凭借上述功能可以设计出负荷较小的乘员姿势，实现良好的驾驶位置并提供不易疲劳的身体支撑。

a. 座椅的疲劳改善技术

座椅的负荷包含为了保持姿势所产生的压迫感、束缚感以及因驼背引起的背部疲劳等，其中腰痛的问题最大。

坐在座椅表面的形态测量和腰部支撑评价都是围绕保持姿势而展开的解析研究。

图 3-1-24 表示用 8 种腰部支撑位置可变的座椅供 9 名试验人员使用，然后对椅背的支撑状态及满意度，还有座椅表面的局部凹陷感等性能进行主观评价，同时还采用图 3-1-25 的坐在座椅表面的形态测量装置测量表面形态来研讨支撑状态。

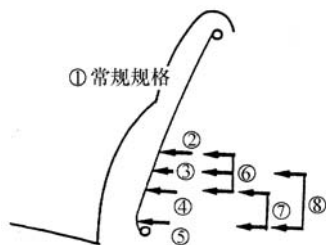


图 3-1-24 腰部支撑的规格

结果表明凹陷感可用最大下沉量表示



(图 3-1-26), 腰部支撑位置可分为喜欢腰椎部支撑和喜欢骨盆处支撑两类, 尤其是驾驶经验长的人通常会选择骨盆支撑位置。但是, 最受欢迎的是两种支撑相结合的位置(图 1-3-27), 这是因为通过支撑骨盆, 骨盆就能保持倾斜稳定, 继而就能进一步支撑腰椎, 消除只推出骨盆时的不平衡。图 3-1-28 表示的是各种支撑下的椅背的表面形状。

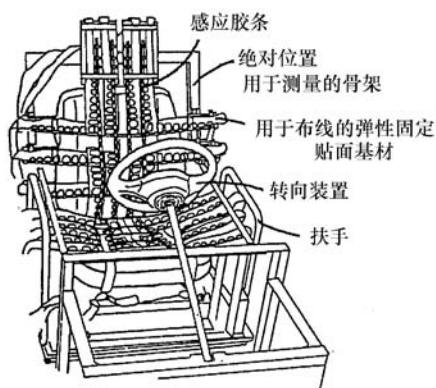


图 3-1-25 落座面形态的测量装置

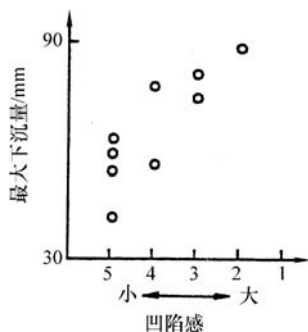


图 3-1-26 凹陷感和最大下沉量

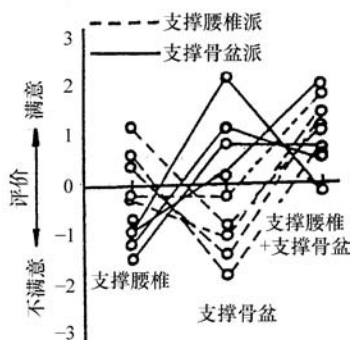


图 3-1-27 腰部支撑评价

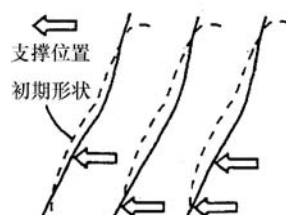


图 3-1-28 靠背面形状

另外, 利用静态评价的试制座椅进行了超过 300km 的实车行驶疲劳评价试验, 并且汇总出了减轻汽车座椅疲劳的条件。

疲劳试验通过对姿势变化和疼痛、麻痹的评价展开(图 3-1-29、图 3-1-30), 同时也参考体压分布或最终稳定姿势的测量结果。

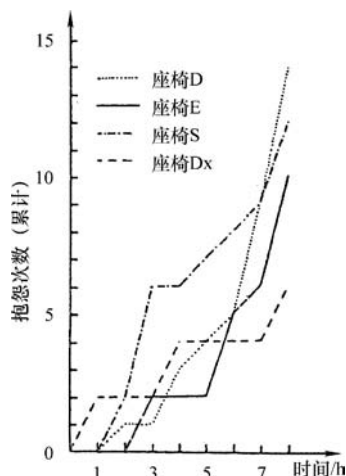


图 3-1-29 动作和姿势的变化

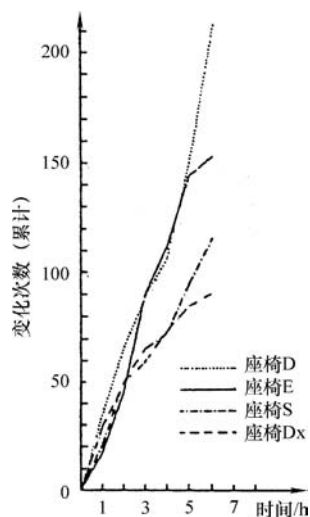


图 3-1-30 对疼痛与麻痹的抱怨



最终得到的结果是降低疲劳座椅的要求如下：

[座面]

- 坐垫材料要采用不同硬度的层压结构。
- 侧面支撑位置要设计的稍低。
- 在前沿处要可调座椅面的进深。

[椅背]

- 可支撑骨盆的低位腰部支撑。
- 不妨碍肘部运动的侧向支撑。
- 不压迫尾骨的较高倾斜。

b. 整车上的应用实例

随着对能缓解腰痛且不易产生身体疲劳等辅助功能需求的不断增加，各公司纷纷推出了诸如骨盆、腰椎综合支撑（原来为腰椎支撑）、人体重心支撑、体压分散支撑、结合面保持结构等能够减轻疲劳的座椅靠背技术。

例如，我们从落座时容易承受负担的腰部考虑，为了减轻疲劳，就要求座椅具备两个条件，一是要呈现对腰部负担较小的 S 型姿态，二是要具备能够长期保持该姿势的支撑作用。正是在这种思维方式下综合支撑骨盆、腰椎的座椅应运而生，这是一种将有利于保持姿势的支撑条件具体化的座椅。

下面进行详细说明。根据图 3-1-31 显示的人体骨骼结构可知骨盆是脊柱的根基，胸部具有由后弯的胸椎和肋骨包围形成的分区，叫作胸廓。容易向前后弯曲的腰椎存在其中，并且在自然状态下腰椎是向前弯曲，脊柱整体呈现 S 型。

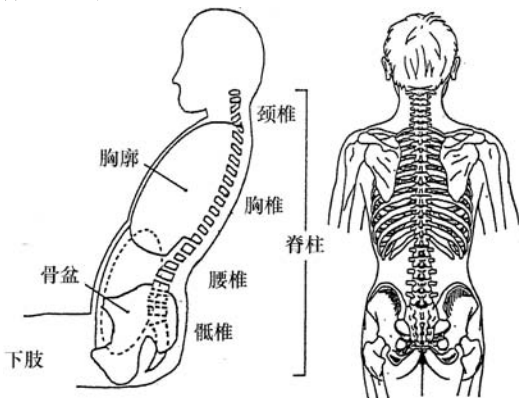


图 3-1-31 人体骨骼结构

胸廓、腰椎、骨盆都不是独立的，而是连续的结构，各自的运动相互影响，如图 3-1-32 所示，胸廓前倾和骨盆后倾都会使脊椎向后弯曲而导致驼背。



图 3-1-32 驼背姿势的关键要素

图 3-1-33 代表综合支撑骨盆与腰椎的思路，具体来说就是对从盆骨到胸廓以下部位施加连续性的支撑，防止骨盆后倾和腰椎后弯，预防胸廓前倾，防止驼背。

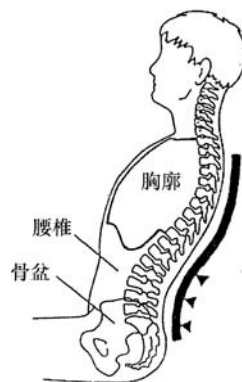


图 3-1-33 综合支撑的重点

有一种座椅是利用体压分散支撑降低疲劳的座椅。当采取疲劳感较小的坐姿时，在脊柱形状上设置近似断面形状的衬板材料，再通过弹簧连接到骨架上，保证腰椎部分的刚性，这样一来，就能够用符合身体特性的方法正确地矫正姿势，有效防止压迫内脏、减轻椎间盘压力，实现降低疲劳，同时在座椅表面用同样的衬板材料抑制因血流不畅导致下肢麻痹。



有一种座椅是能够支撑人体重心座椅(图3-1-34)。支撑物体时支撑重心最有效,根据这种思路,首先调查了平板座椅落座时座椅表面和靠背的载荷分布,结果显示座椅表面的载荷位于坐骨结节部,靠背的载荷分布位于胸椎部,因此就将这些点看作人体重心位置,用衬板加以支撑。



图3-1-34 支撑重心的座椅结构

它的作用之一就是能牢固地支撑坐骨结节部,维持稳定的骨盆倾斜与合理的大腿部支撑。能够通过稳定的骨盆倾斜和胸椎部支撑降低腰椎部负担,同时减少支撑腰椎部形状的肌肉工作,减轻疲劳。当然,作为支撑人体重心结构不仅要在坐骨结节部、胸椎部有衬板,还要在能高效分散集中在此处的载荷的坐垫、靠垫的形状上下功夫。

另外,从动脉、静脉以及神经位置来看,积极地支撑坐骨结节部和胸椎部,能够有效消除下肢的血流障碍和对坐骨神经的压迫。图3-1-35是测量脚趾皮肤血流量的变化结果,可以看出落座时因大腿部的压迫,通往下肢的血流量下降。

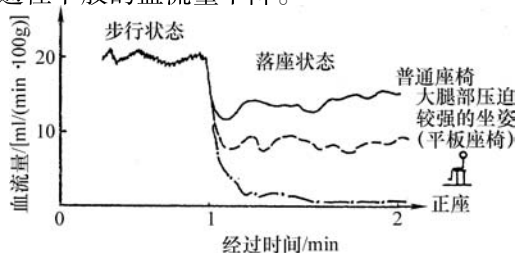


图3-1-35 脚趾的血流量比较

图3-1-36是以高速为主连续行驶4h的情况下,对疲劳的自我评价,结果显示支撑人体重心的座椅与传统座椅相比,更不容易出现疲劳。

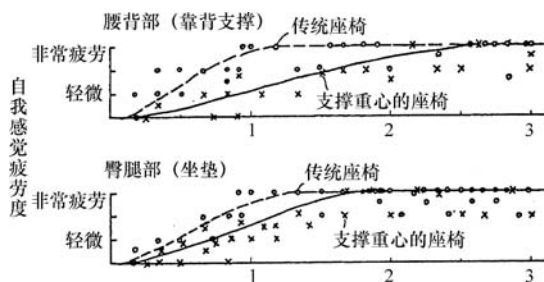


图3-1-36 坐疲劳特性

综上所述,降低座椅负荷不仅要进行解剖学上的调查研究,深入理解人体构造,还要根据人体负荷较小的背部形状设计座椅的靠背形状。在传统腰椎支撑的基础上增加骨盆支撑是降低椅背部分疲劳的关键。

座椅表面的降疲劳设计,远远还未满足消费者的需求。座椅带给乘员的舒适性是由靠背和坐垫综合体呈现的,如果进一步拓宽思路,那么可以围绕与周边零件关系及驾驶位置等观点展开设计。

3.1.3 降低人体内部负荷的技术

在上一节中,介绍了通过主观评价或生理测量等方法测量乘员负荷的降低水平,然后再导出直接用于车辆的装置设计要求范例,而本节将叙述进一步发展的预测方法。

如上文所述,座椅负荷包括来自保持姿势的压迫感、束缚感以及相应的疲劳感,但是如果把它看成是不受座椅用途与人的喜好所左右,就是应该减轻的人体肌肉骨骼负荷,就非常容易理解。

基于上述观点的解析案例有很多,下面就用山崎事例进行解释说明。

对乘坐舒适性的生物力学评价:开发能够轻松预测各种椅子及落座条件下生理负荷的计算机辅助系统,然后运用该系统进行了



评价。

首先,如图 3-1-37 所示,用椅子与人体系统的数学模型理解并完成体感在解剖学上的结构。先假定若干椅子、人体结构、肌肉骨骼系统、腹压等条件,然后研讨图 3-1-38 表示的各部位的力学平衡,再形成公式,按照图 3-1-39 中的步骤进行计算。

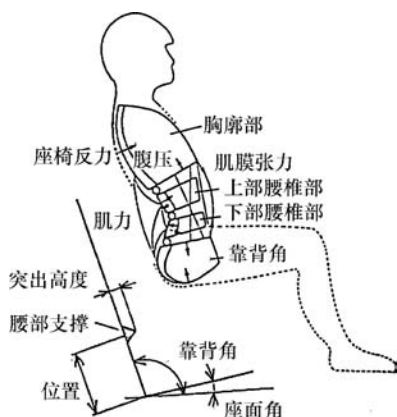


图 3-1-37 座椅与人体系统的刚性模型

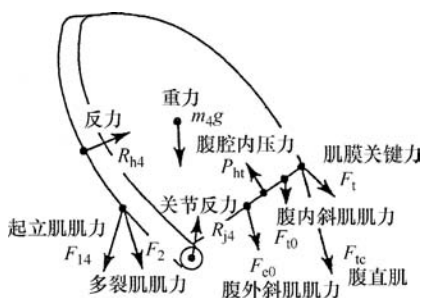


图 3-1-38 作用在肌肉上的力量 (胸廓部)

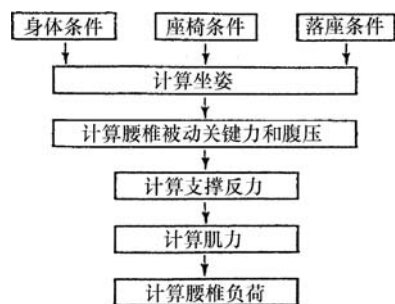


图 3-1-39 肌肉骨骼负担的计算步骤

以下就是采用上述方式的评价。

(i) 对椅子形状的评价

(1) 腰部支撑的位置与高度: 图 3-1-40 是在下述情况下各评价指标的变化, 具体是指在靠背角为 110° , 座面角为 5° 的标准靠背条件下, 改变腰部支撑的位置和高度, 按照胸廓为 22° , 骨盆为 44° 的姿势落座。然后, 腰部支撑位置与高度中会出现能减少肌肉骨骼负荷的组合, 其中负荷最小的情况就是距座面 $17 \sim 19\text{cm}$, 外突高度 2cm 左右的时候。这一结果与额外测量的肌电测量结果一致。

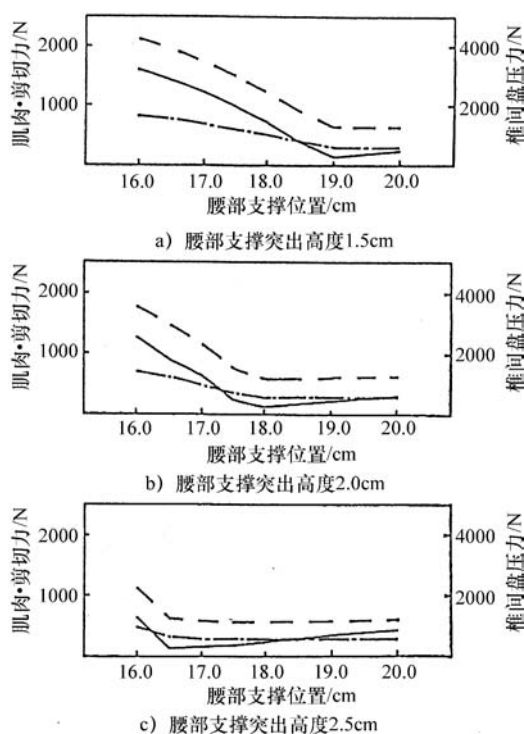


图 3-1-40 腰部支撑的影响

(2) 靠背角度的影响: 让腰部支撑处于最小条件, 然后增大或缩小靠背角角度, 那么肌肉和腰椎的负荷同时在 110° 附近达到最小。这与其他椎间盘内压测量结果也保持一致。与此同时, 腹压与肌膜张力也在此条件下达到最小。



(3) 座面角的影响: 使腰部支撑与靠背角最小, 然后增大或缩小座面角度, 那么各指标在 5° 附近达到最小。

综上所述, 肌肉骨骼负荷最小的座椅条件是靠背角为 110° , 座面角为 5° , 腰部支撑的位置为18cm, 高度为2cm。

(ii) 坐姿评价

图3-1-41为下述情况下各评价指标的变化, 具体是指在上述座椅条件下, 让胸廓保持一定角度, 然后使骨盆倾斜发生变化。这样一来, 结合座椅条件, 在落座位置与骨盆角度中就会出现肌肉骨骼负荷最小的情况, 我们可以知道每个椅子都有较好的落座方式。而这里的条件就是骨盆倾斜 40° , 落座位置是15cm。

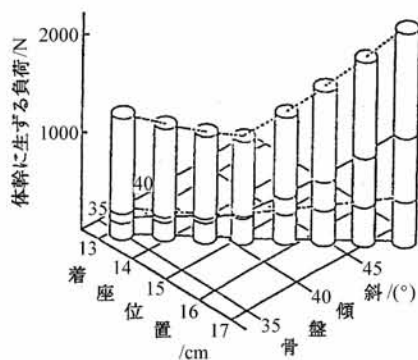


图3-1-41 坐姿的影响

参考文献

- [1] 佐々木紫郎: 自動車技術ハンドブック, 第3分冊, 自動車技術会, pp.208-219 (1991)
- [2] 野呂影勇: 図説エルゴノミクス, 日本規格協会, p.65 (1990)
- [3] 池田良夫: 自動車用ステアリングホイールに対する人間工学的評価第1報生体計測値とホイールサイズとの関係について, 人間工学, Vol.24, 特別号, pp.264-265 (1988)
- [4] K. P. Gaertner: Biomechanical analysis applied in designing the operating range of hand controls, International Congress Biomechanism, Vol.6, pp.213-219 (1978)
- [5] 浅野浩之: 自動車技術会学術講演会前刷集, 882, pp.403-406 (1988)
- [6] 野呂影勇: 図説エルゴノミクス, 日本規格協会, p.71, 286 (1990)
- [7] 石田隆久: A・B・Cベダル, 自動車技術会中部支部報,

No.39, pp.68-71 (1990)

- [8] 野呂影勇: 図説エルゴノミクス, 日本規格協会, pp.150-152 (1990)
- [9] 金森ほか: ボデー 自動車用スイッチの操作性向上, 自動車技術会中部支部報, No.42, pp.56-59 (1993)
- [10] 鈴木修己: 新型ローレルのすべて, モーターファン別冊ニューモデル速報, p.35 (1993)
- [11] 寺内達也: 自動車シートの着座面形態計測—ランバーサポートの評価, 人間工学, Vol.25, 特別号, pp.190-191 (1989)
- [12] 西岡基夫: 疲労軽減を考慮した自動車用シートの提案, 人間工学, Vol.29, 特別号, pp.526-527 (1993)
- [13] 桂木道裕: 疲労軽減のための最適シート形状の解析, 自動車技術, Vol.47, No.9, pp.74-79 (1993)
- [14] 井村裕: ユーノス 800 のボデー & シート開発, マツダ技法, No.12, pp.13-17 (1994)
- [15] 中道博志: シートのサポート性向上手法について, 自動車技術, Vol.45, No.1, pp.102-105 (1991)
- [16] 山崎信寿: 椅子の座心地に対する生体力学的評価, バイオメカニズム 9, 東京大学出版会, pp.151-162 (1988)

3.2 视觉信息处理系统

3.2.1 概述

驾驶人把握交通状况, 通常透过风窗注视前方, 用后视镜观察后方, 然后再有选择地边观察周围边驾驶。有精力的时候还会瞥一眼或操纵一下控制仪表, 以便掌握车速、发动机转速等车辆状态, 有时还会调控一下诸如空调、音响等与舒适性有关的室内环境或通过导航设定行驶路线的计划。上述注视或视认行为的视觉负担随着交通状况越来越复杂, 以及老年驾驶人越来越呈现出增加的趋势, 也正因如此, 能够减轻视觉负担的新设备才得以开发。

和视野有关的新设备有许多, 如更易确保雨天视野的车门斥水玻璃, 更易确认变换车道时后方视野的由不同曲率半径组合而成的非球面外后视镜, 能避免直行车辆与转弯车辆在交叉路口发生碰撞的前方侧视野监视摄像头, 还有为了更好地确保夜间弯道行驶时的视野能更广地照亮弯道内侧的转向随动雾灯等设备。

如果能减少观察或注视室内的时间, 就可以增加注视前方的时间。与视认性密切相关且能显示车辆信息的平视显示器 (Head

up display) 已经实现普及, 它不仅可以显示车速, 而且还具有显示导航方向及红外线夜视影像等新用途。

导航与驾驶人辅助密切相关, 它能够消除驾驶人因不熟悉路况而产生的焦虑感, 避免驾驶人迷失方向, 目前利用导向系统的路径导航已经实现普及。为了保证路径导航行之有效, 就要收集易于驾驶人理解且能够帮助驾驶人做出决定的必要信息, 研讨信息的提供方法, 开发更有利于使用的系统。

3.2.2 与视野有关的新装备

a. 车门斥水玻璃

为了切实掌握雨天路面情况等直接视野信息, 采用不沾水的斥水玻璃的车型越来越多。

市面上可以买到许多可提高玻璃斥水性的涂抹剂, 可以形成斥水涂层, 但缺点是斥水性能只能维持很短的时间。因此又出现了能够长时间保持斥水性能的产品, 它能在玻

璃最外层均匀的形成一层含氟二氧化硅(SiO_2) 涂层, 通过烤漆处理, 氟原子能并列排布在玻璃的最外层。

图 3-2-1 中比较了经过斥水处理(图 3-2-1a、c) 和未进行斥水处理的玻璃(图 3-2-1b、d) 在水珠滞留的情况下的斥水性差异。图 3-2-1a、b 是从水平方向观察到的水滴状态, 图 3-2-1c、d 是从垂直方向观察到的水滴状态。可以看出经过斥水处理的玻璃与未进行斥水处理的玻璃相比, 水珠更小且更饱满。图 3-2-2 表示的是接触角(玻璃表面与水滴的接触角) 与透过车门玻璃观察外后视镜上的车辆信息的难易程度之间的关系。由此可知, 如果接触角超过 90° , 那么行驶中在风压的作用下就更容易把玻璃上的水滴吹散, 从而获得良好的视野。相信斥水处理还会应用在玻璃以外的其他领域, 但是这需要进一步围绕寿命展开研讨。

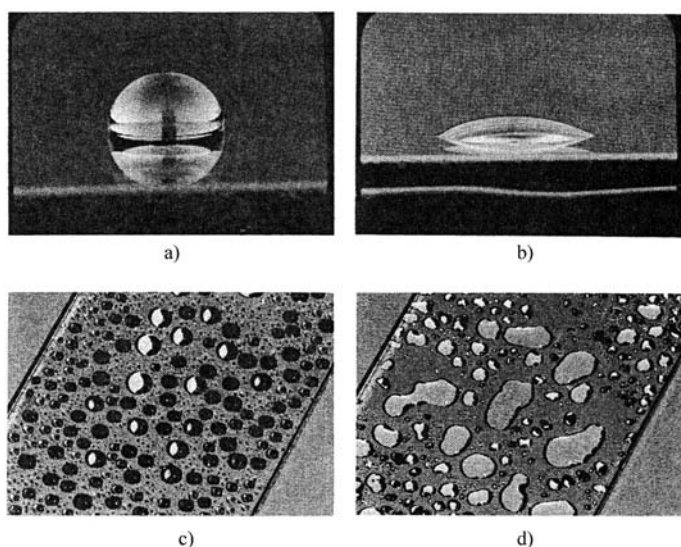


图 3-2-1 玻璃表面处理与斥水性比较

b. 非球面外后视镜

在市区行驶时, 如果驾驶人的注意力过分集中在前方, 那么周边视野(peripheral

vision zone) 就会变窄, 不容易发觉进入直接视野与外后视镜视野中的并行车辆或两轮车(图 3-2-3)。因此, 通过改变镜面的部



分曲率半径研究出了能够视认中间区域的镜子。

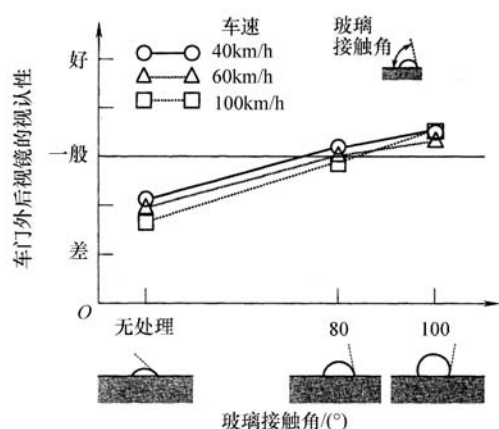


图 3-2-2 水滴的玻璃接触角与视野

Visual fields
-Left door mirror: flat bent and aspherically bent in comparison

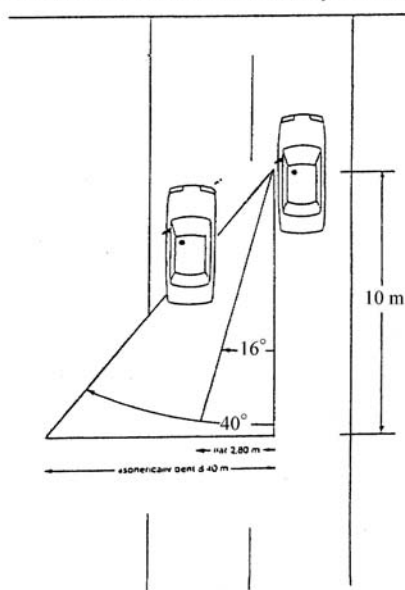


图 3-2-3 直接视野与间接视野

非球面外后视镜由恒定曲率半径的 A 部分和曲率半径逐渐变小的 B 部分组成 (图 3-2-4), 虽然有时使用起来需要习惯, 但是因为它能够获得比平面镜或球面镜更广阔的后方视野, 所以更容易注意到中间区域

的可视对象 (图 3-2-5)。目前正以欧洲为中心普及。

Features of an aspherically bent mirror
-Mirror glass combining two curvatures

- aspherically bent part with constant radius of approx. 2000mm (part A)
- aspherical part with progressively decreasing radius (part B)

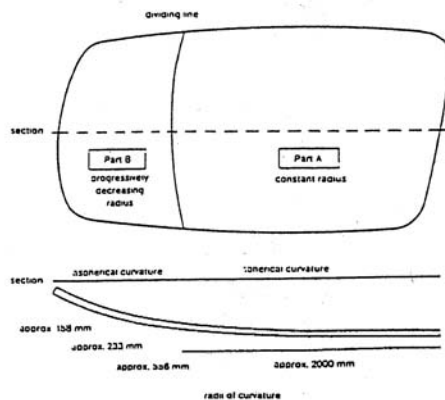


图 3-2-4 非球面外后视镜的举例

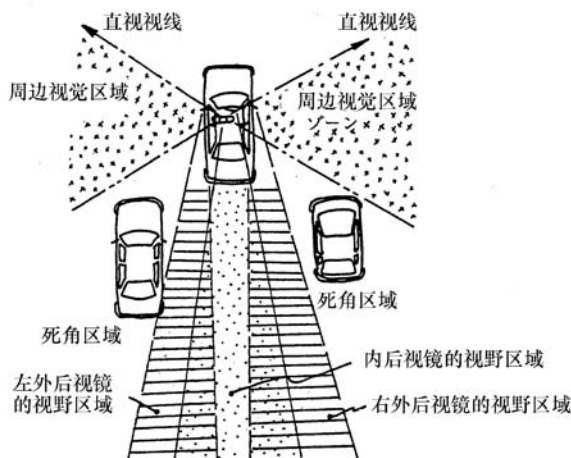


图 3-2-5 后方视野的比较

c. 前方侧视监控摄像头

图 3-2-6 表示的是 1993 年日本年度交通统计数据中不同事故类型的发生比例。根据该统计可知, 发生比例最高的就是发生在交叉路口的直行车辆与转弯车辆相碰撞的事故, 约占总体的 25%。

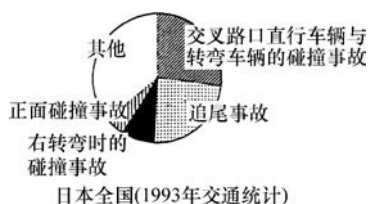


图 3-2-6 按事故类型划分的发生比例

为了在此情景下进行辅助安全确认，能

够靠固定在车辆前端监视左右情况的摄像头，使在驾驶位置就能看到监测画面的装置得以开发，并建议搭载到 AVS（先进安全汽车）上。

不使用该装置时，位于交叉路口确认左右交通情况势必要从车道外线向里道探出（根据图 3-2-7 平均为 0.7m），而采用该装置时，停车位置会比车道外线更靠近近前，能够在不干扰左右行驶车辆的条件下起步。

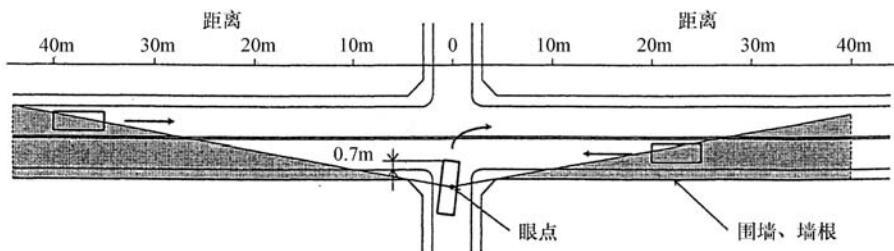


图 3-2-7 车辆向道路里侧的探出量

今后类似的便于驾驶人掌握左右方向道路情况的技术将会备受瞩目。

d. 转向随动前照灯

当夜间在连续弯道上行驶时，如果能够看清弯道前方的情况，那么驾驶起来就会更放心。基于上述观点，开发出了能够控制光线，使之与驾驶人视线更匹配的前照灯。

图 3-2-8 表示该前照灯的工作情况。通常弯道越急，驾驶速度越慢，驾驶人视线就会集中到近处、更加靠近弯道里侧的线路。因此，使用普通前照灯会就出现视线与光束

偏离的情况。但是，该转向随动前照灯的光束可连续变化，使视线与光束匹配。该前照灯的光束由和普通前照灯一样的固定主光束和左右可动的辅助光束组合而成。

弯道形态各异，即使行驶于同一弯道，车辆方向也会因车速及转向角的不同而不同，因此驾驶人视线方向也就不同（图 3-2-9）。另外驾驶人视线的方向也会因车辆位置是位于弯道入口还是出口，弯道出口的尽头是反方向的弯道还是直行等条件而不同（图 3-2-10）。因此控制照射方向（辅助

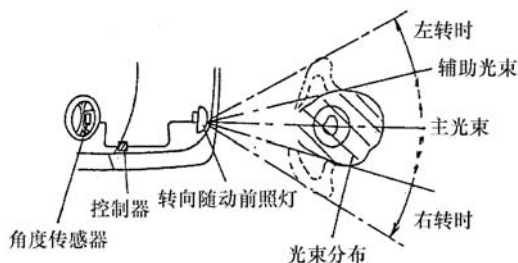


图 3-2-8 转向随动前照灯工作

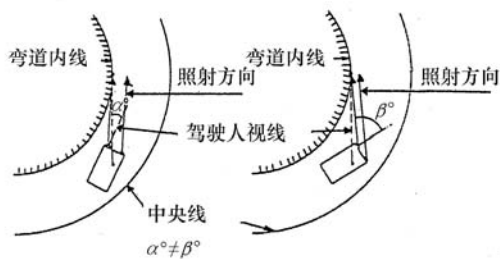


图 3-2-9 车辆方向与视线方向和照射方向



光束方向)使光束与驾驶人视线保持一致至关重要。

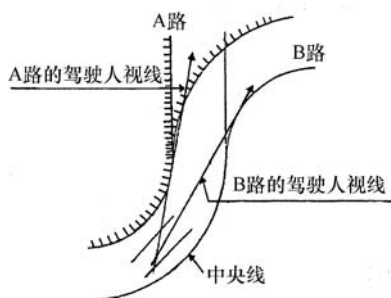


图 3-2-10 弯道后半部分的视线方向

上述改变光束形式的想法是由 ASV 提出并应用到了车灯上。光束控制技术能够使夜间行驶变得让人更加放心,相信今后会受到更多的关注。

3.2.3 与视认性有关的新装备

a. 车速显示

平视显示器 (HUD) 是为缩短车辆信息的视认时间而开发的,如图 3-2-11 所示,通过在前风窗上显示车速等车辆信息,能够缩短驾驶人视线的移动时间与调节时间。该装置需要明确以下内容:

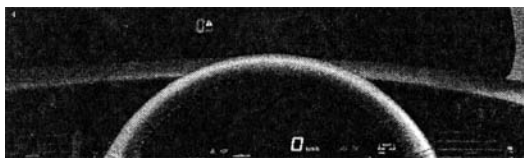


图 3-2-11 车速等 HUD 显示

- 位于不妨碍前方的位置 (上下, 左右)。
- 便于焦点调节的前后位置。
- 视认性好的文字尺寸、亮度。

首先是位于不妨碍前方的位置,行驶中的注意点分布 (图 3-2-12、图 3-2-13) 要避免利用周围视野观察时感到复杂的范围 (图 3-2-14) 及车道标识、护栏、对向来车的车灯出现范围等,尽量集中在上方位置,

即图 3-2-15 中的斜线部分。

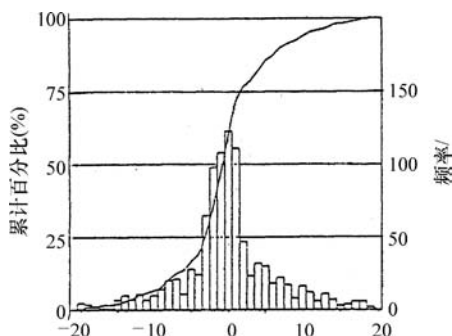


图 3-2-12 在市区行驶时的注意点分布 (水平方向)

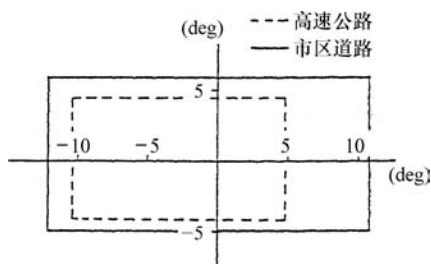


图 3-2-13 驾驶中的注释范围

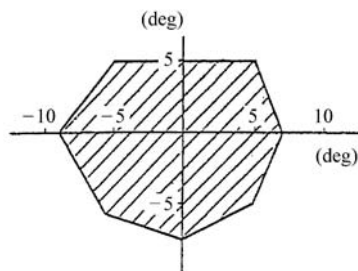


图 3-2-14 感觉复杂的显示位置

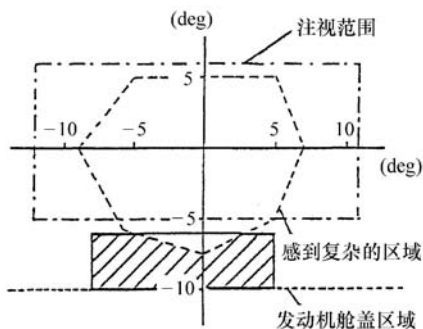


图 3-2-15 合理的显示位置

其次是便于焦点调节的前后位置,图 3-2-16 表示仪表的视认时间与视距之间的



关系。通过这张图可以看出年轻人几乎没有变化，但老年人则以 2m 视距附近为分水岭，视认时间可被缩短。

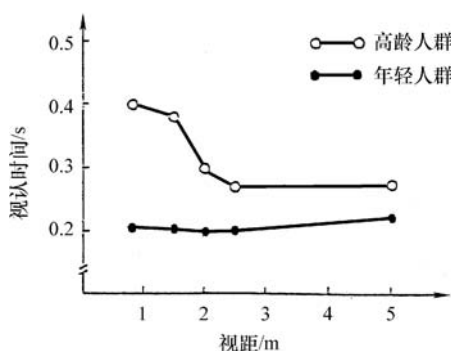


图 3-2-16 相对于显示距离的视认时间

最后是更受青睐的文字尺寸，基于改变视距的调查结果用图 3-2-17 显示。通常人们认为文字越远、视角越小，越好，这是受尺寸稳定性的影响。在显示亮度方面需要考虑重叠的近景亮度。例如，为了保证能在冰雪路面等较亮的环境中看得清楚，需要确保

约 $3000\text{cd}/\text{m}^2$ 左右的亮度，还需要能够避免黄昏时分的昏眩调光。

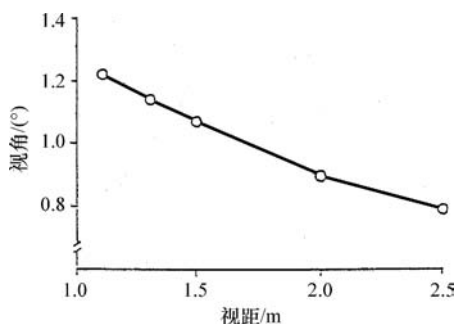


图 3-2-17 相对于视距，更受青睐的文字尺寸

综合考虑以上因素（右 8.5° ，下 6.5° ，前后距离 2m，文字尺寸 0.85° ），图 3-2-18 显示实车行驶时的 HUD 视认时间的调查结果。通过该图可知，无论是哪个车速、哪个年龄段，可在短时间内读取的都是 HUD。另外，还开展了显示信息正确率的试验，得出的结论是驾驶人正面俯角为 $5^\circ \sim 15^\circ$ 范围内的显示视认性要比传统的显示仪表好很多。

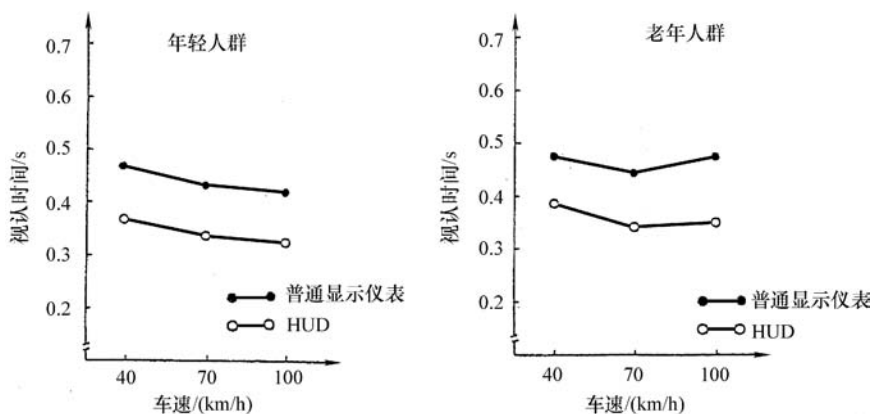


图 3-2-18 视认时间比较（HUD，普通显示仪表）

b. 导航信息显示

HUD 除了具有项目 a 中描述的优势以外，还有一个优点，那就是能够有选择性地视认近景交通情况和重叠在近景上的显示信息，从这一角度出发，可以考虑将 HUD 应

用到路径导航上。RACS（Road Automotive Communication System）实车试验就尝试在中控台的 6in CRT 上显示地图，在 HUD 上显示路径导航信息（图 3-2-19）。



图 3-2-19 路径导航的 HUD 显示 (RACS)

下面叙述一个利用 HUD 显示路径导航的研究案例。图 3-2-20 表示应转弯的交叉路口的平面图和前进方向，图 3-2-21 则是在透过前风窗玻璃看到的真实空间上用显示箭头表示出应该转弯的位置和方向的 on-the-scene HUD。图 3-2-22 表示的是通过室内试验求出的试验人员从 HUD 开始显示到意识到要在交叉路口采取行动的反应时间。由此可见，on-the-scene HUD 的反应时间大约能比 conventional HUD 短 60% 以上。这是因为 on-the-scene HUD 为了使虚像显示与实际空间相匹配，能够当场识别并判断驾驶人应该在哪里转弯。今后，将进一步深入推进这一领域的实际应用研究。

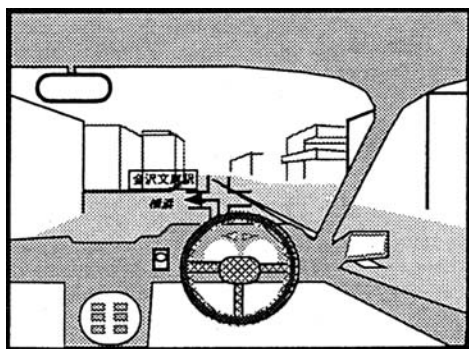


图 3-2-20 Conventional HUD 显示

c. 红外线夜视仪显示

将红外线夜视仪的影像反射到位于前风

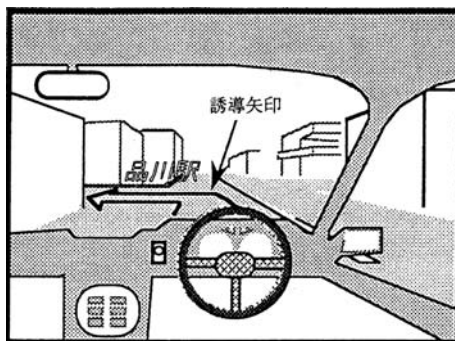


图 3-2-21 On-the-scene HUD 显示

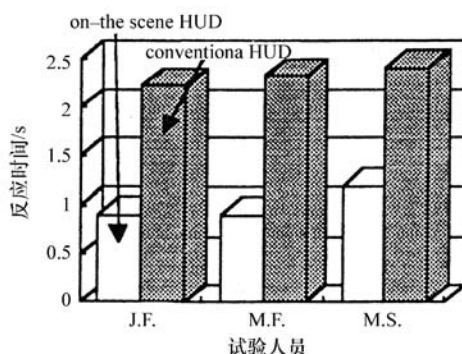


图 3-2-22 反应时间的比较

窗玻璃中央的显示板上，HUD 显示系统已经作为美国巡逻车的显示装置实施测试 (图 3-2-23)。该装置能够在巡逻车行驶过程中检测出躲藏在草丛中的人体释放的红外线，并显示到 HUD 上，欧洲也将红外线夜视仪看作是一种 VES (Vision Enhancement

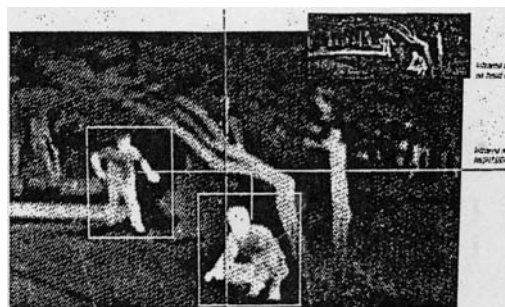


图 3-2-23 红外线夜视仪 HUD 显示效果

System), 不断研究它在夜间行驶于郊外小路(直线、弯曲道路)上的主动安全效果。图 3-2-24 表明使用 ES (VES) 的夜间行驶速度与不使用 VES (NON-VES) 情况的速度慢。应用 HUD 技术有利于提高主动安全性能, 今后将取得进一步发展。

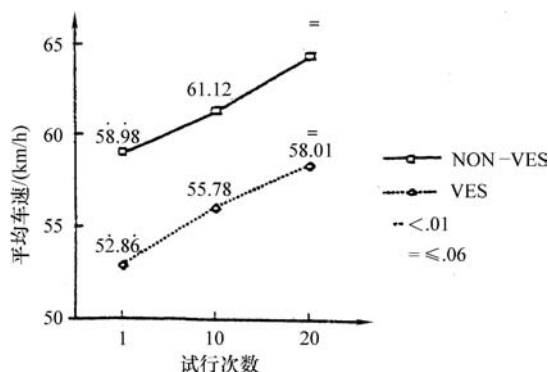


图 3-2-24

3.2.4 与驾驶人辅助有关的新装备

a. 导航对驾驶人的辅助作用

导航系统是一种能够避免驾驶人因不熟悉路况而焦躁或盲目驾驶的驾驶人辅助系统。图 3-2-25 表明在驾驶过程中, 导航系统与驾驶人之间的关联。

在没有导航的情况下, 驾驶人根据自身具备的认知地图 (cognitive map) 与对外部风景的认知 (cues: 识别自身所处位置以及能够判断应该在何处转弯的地标等) 进行的比较和对照, 决定行动规划与行动意愿。

与之相对, 在有导航的情况下, 电子地图和数据库会提示驾驶人目前所处位置与行驶路径。驾驶人则会根据导航系统提供的信息和外部信息以及与认知地图的比较对照, 决定行动规划与行动意愿。

基于该模型, 在设计导航系统时应该考虑的人机工程如下:

- 提供信息要有助于驾驶人决定行动规划与行动意愿。
- 要以安全的形式向驾驶人提供信息, 不能影响驾驶人认知外界或控制车辆。

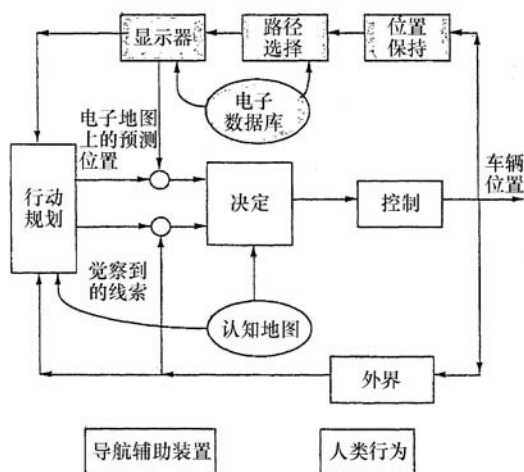


图 3-2-25 显示导航系统与驾驶人关系的模型

- 目的地设定等操作要简单, 以便能向更多的驾驶人提供导航系统。

下面就针对行驶中应该考虑的前两项内容展开详细说明。

b. 驾驶人的必要信息

表 3-2-1 表示驾驶人在驾驶过程中所需的信息。驾驶人所需的信息不是一成不变的, 是在行驶过程中不断变化的 (图 3-2-26)。

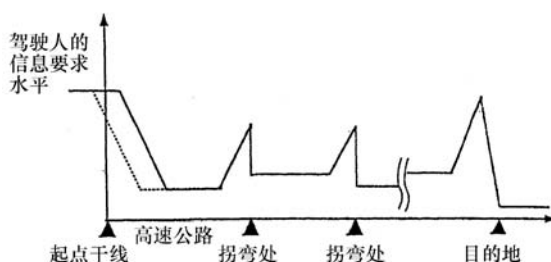


图 3-2-26 行驶过程中驾驶人对信息的要求水平

普遍认为不熟悉周边地理环境的驾驶人缺乏与行驶中的地理空间认知密切相关的知识信息, 如周边道路信息、驶达目的地的路径信息等, 这就需靠导航系统来弥补。

驾驶人用于识别地理空间所需的知识可以分成以下三个级别。



表 3-2-1 驾驶人信息一览表

大分类	中分类	小分类	大分类	中分类	小分类
道路交通信息	交通拥堵信息	区间 程度 原因 预计消除时间 代替道路、迂回路线 代替交通工具	道路导航信息	一般干线道路	路线名称 进入/驶出时方向 标志物 道路结构 指定速度 通常规定
	规则信息	区间 内容 原因 期间 代替道路、迂回路线 代替交通工具		汽车专用车道	路线名称 入口，驶入道路 出口，驶出道路 信号灯情况 规定车速 行驶规则 收费道路 目的地导航 衔接地导航 SA, PA
	事故	区间 内容 期间 规则		相关交通信息	GS 停车场 水陆码头
	气象信息	预报 路面情况 警戒、警报、规则		紧急信息	警察 医院（急救） JAF
	旅途时间	区间 通常所需时间 预计所需时间		参观导航	名胜/古迹，住宿
道路导航信息	与目前所在位置相关	目前所在位置 路线名称 交叉路口、分叉路口导航 分叉路口信息 行驶道路信息	普通导航信息	季节导航	开花、红叶、积雪
	与目的地相关	方向 直线距离，路程		演出节目	电影、话剧、音乐会
	路径信息	动态路径导航 推荐路径 最短时间路径 最短距离路径 代替道路、绕远道路 道路网		普通设施	旅馆、餐馆、 公用电话、厕所
				公共交通工具	时刻表 运行情况
				其他	出租车信息 经费

- 顺序上的知识：
“接下来在哪里转弯。”

“向哪个方向转多大的弯。”
一元并列的由以上两个要素构成的步骤



的知识。

- 网络知识（拓扑方面的知识）：

如同手绘地图一样，由道路的连接状态、顺序等拓扑方面的要素构成的知识。

- 地图知识：

像正确的地图那样，把握距离、方向及相对位置的知识。

人们告知他人行驶路线时所用的知识是顺序上的知识及网络知识。而且，最终作用于驾驶人决定行动规划与行动意愿的也是顺序上的知识。换句话说，辅助不熟悉路况的驾驶人的导航系统需要能提供以下信息：

- 确定转弯处的信息。
- 在哪里转弯的信息（右转/左转）。

驾驶人常用的确定转弯处的地标有建筑物、路名、交叉路口名、路标标识等（表 3-2-2）。它们的特点如下：

表 3-2-2 使用地标

地标信息	相对频率（%）
交叉路口名称	14.1
道路名称	16.4
导航标识	13.0
高速公路	1.9
高速入口	4.1
地名	13.1
铁路	1.9
火车站	2.3
河流或沟渠	0.0
方角	4.7
距离	7.2
建筑物	16.8
其他	4.5

- 从远处就能看清。
- 在形状等方面具有特点。
- 在交叉路口附近标识名称。
- 毗邻道路或交叉路口。
- 使道路具有变化（桥、隧道、坡道等）。如果能利用诸如此类的地标，就能够更加清晰的进行路径导航。

c. 必要信息的提供方法

基于导航系统的信息提供不能给驾驶人认知外界或操控车辆造成困难。为此，有以下方法：

- 让驾驶人有充裕时间进行视认信息及为了获得信息的必要操作。
- 为了减少视认行为，可以选择语音导航。

下面，分别叙述以上方法。

(i) 驾驶人的宽裕时间 为了防止偏离行驶轨道，Zwahlen 等人提出了对驾驶人看向车内显示器或操作时瞥向显示器的时间、次数的许容时间方面的建议，详情参见图 3-2-27。

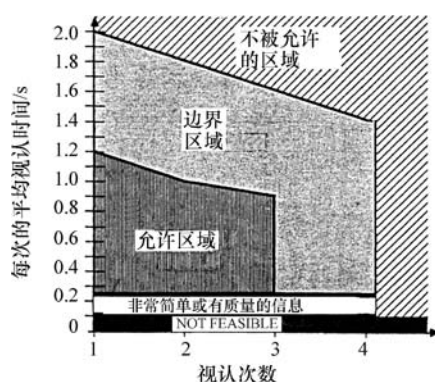


图 3-2-27 驾驶中的允许视认时间和视认次数

另外，木村等人测量了驾驶人在驾驶过程中能够注视仪表板或中控板上某一点的注视时间，结果是 95% 的驾驶人能够注视 1s 以内，50% 的驾驶人能够注视 2s，因此根据该结果把驾驶过程中的富裕时间定为 1~2s（图 2-1-11）。

众所周知，富裕时间会因行驶环境（前方视野、道路曲率、交通量等）的变化而变化，今后将进一步充分研讨。

综合考虑以上内容，在现有导航系统中设定了对行驶中显示及操作上的限制。

下面叙述在富裕时间内视认图像的研讨要素。

(ii) 画面的布置 受欢迎的画面布置



需要考虑注视导航画面的难易度及注视导航时把握周边交通情况的难易度。

Tarriere 等人调查了画面显示位置对读取时间及车辆偏离车道的影响。得出的结果是画面数量与显示位置会影响读取时间,而偏离车道受显示位置的影响要大于显示时间的影响(图 3-2-28、图 3-2-29)。

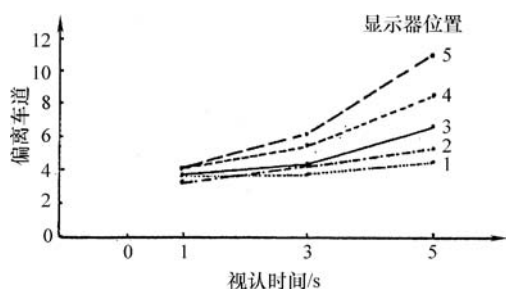


图 3-2-28 视认时间与偏离车道之间的关系

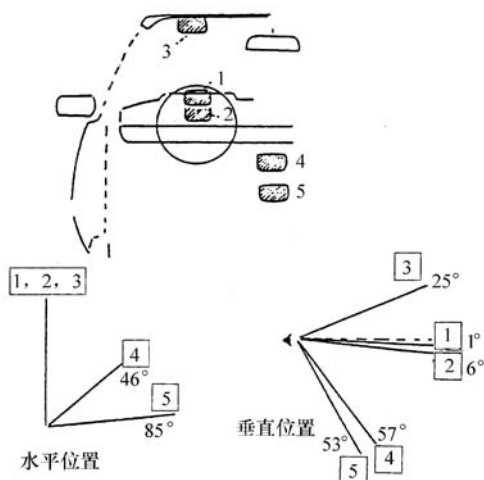


图 3-2-29 用于试验的画面布置

(iii) 地图的配色 为了能在驾驶的富裕时间内(1s 内)读取地图,针对配色对文字、道路和背景之间的亮度对比度、色差的关系展开了研究(图 3-2-30)。另外,为了防止白天画面受反射的影响,希望背景亮度高一些;而在夜间,为了防止刺眼则希望背景亮度暗一些。为了防止夜间刺眼,需要

进行画面的亮度控制,图 3-2-31 是求出的各色度的上限亮度。

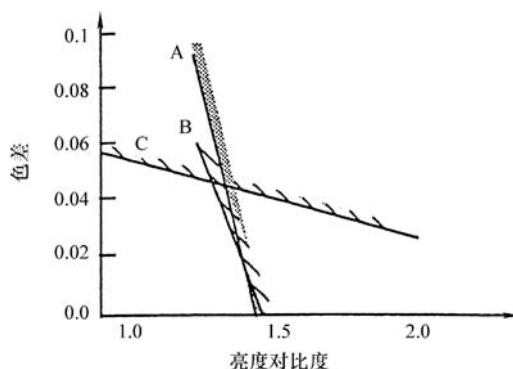


图 3-2-30 容易读取的亮度与色差关系

A—从背景中读取文字

B—从背景中读取道路

C—区分道路关系

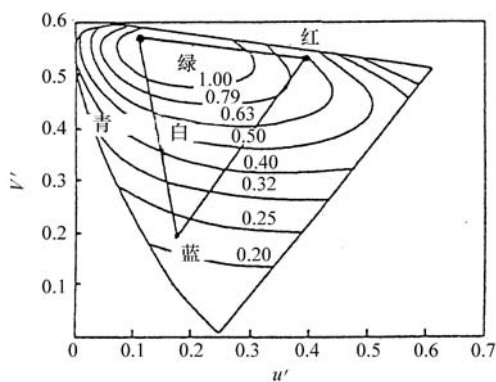


图 3-2-31 可防止刺眼的亮度上限

(iv) 地图的方向 如果地图便于引领车辆前进路径,那么不用进行太多的视认就能起到辅助驾驶人决定行动规划与行动意愿的作用。

Shekhar 等人经常使用一直指北的(nose up)地图,并调查了车辆本身目前的前进方向对选择今后前进道路所需时间的影响。结果发现,当车辆朝北前进时反应时间最短,因此一直指向车辆前进方向的(heading up)地图非常有效(图 3-2-32)。

木村等人对此事展开了更加详细的调



查, 并进一步确认了一直指向车辆前进方向的地图的效果(图 3-2-33)。

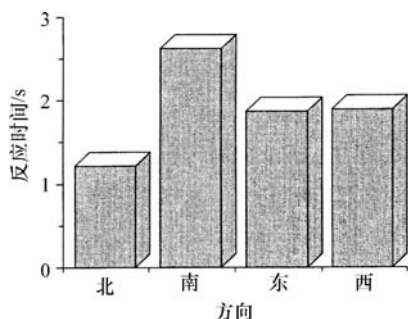


图 3-2-32 车辆前进方向与反应时间

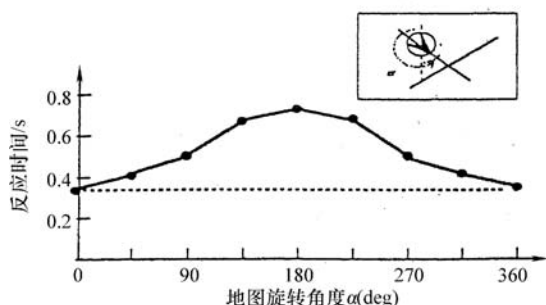


图 3-2-33 车辆方向与判断左右转弯所需的反应时间

(v) 画面的信息量 岸等人根据路径记忆的难易度对画面信息量进行了考察。试验分别在显示路径与不显示路径的条件下, 通过改变包括路径在内的交叉路口个数, 对比了驾驶人在 1s 的富裕时间内注视 2 次时能够记住多少路径。结果是虽然正确率会随着交叉路口数量的增加而有所下降, 但是显示路径时的正确率却会明显提高(图 3-2-34)。由此可知显示车辆的前进路径有助于驾驶人将注意力集中到显示路径上。另外为了减少路径上的交叉路口数量, 可以适当拉长道路显示量的间隔。

Kamiya 等人还尝试定量画面的信息量。试验共利用表示交通拥堵信息的文字画面、变形的地图画面和普通的地图画面等九种地图, 调查了视认时间(文字信息的读取时

间)与各画面信息量(根据一定的规则计算)的对应关系。结果表明, 各画面的信息量与视认时间呈现出较好的相关性, 提示我们定量画面的信息量具有可行性(图 3-2-35)。

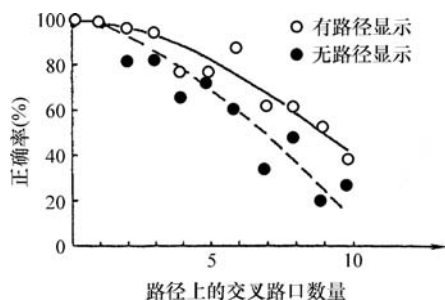


图 3-2-34 路径中的交叉路口数量与正确率的关系

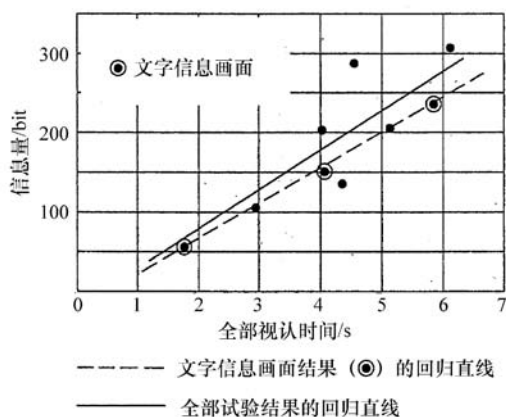


图 3-2-35 信息量与视认时间的关系

(vi) 降低视认频率 隅田等人分别针对具备路径自动重新检索功能与不具备该功能(Auto route 功能)的情况, 调查了偏离行驶路径时, 注视交叉路口近前方画面的注视频率的变化。根据结果可以确认具备路径自动重新检索功能时的视认频率较低。原因是具备该功能会降低人们因偏离行驶路径会导致的不安(图 3-2-36)。但从偏离行驶路径后, 无须驾驶人操作的角度来看, 该功能有助于减轻驾驶人的负荷。

(vii) 语音导航及效果 语音(听觉显

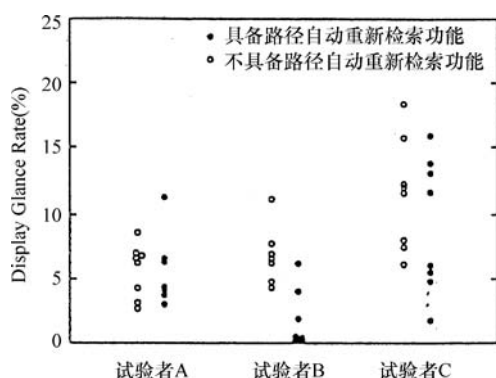


图 3-2-36 路径自动重新检索功能的降低视认频率的效果

示)是传递导航系统信息的一种手段。语音导航中的导航信息、时间、表达方法非常重要。

岸等人分别按照普通公路和高速公路围绕导航信息与时间进行了考察(图 3-2-37、图 3-2-38、表 3-2-3、表 3-2-4)。另外,在表达方法上的注意事项有如下几点:

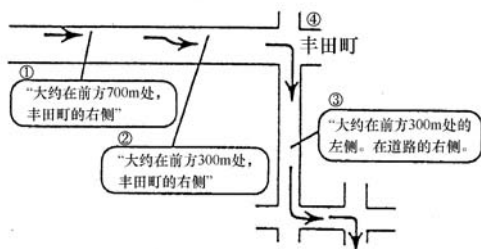


图 3-2-37 普通公路上的语音导航举例

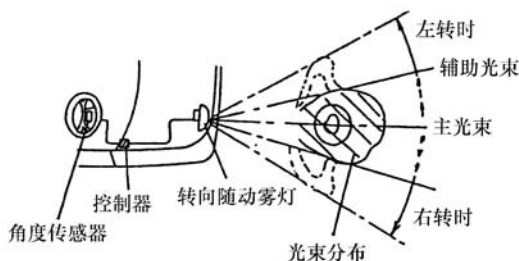


图 3-2-38 高速公路上的语音导航举例

表 3-2-3 普通公路上的导航信息与时机

No.	信息	信息时机
①	车道变更的方向: 右、左	准备左右转弯之前
②	获悉转弯地点的信息 地标(导航标识, 信号灯等) 抵达转弯地点的距离, 时间 实际转弯之前的交叉 路口	能够看见地标的时候 接近转弯地点的时候 在转弯地点之前的两 三个信号灯
③	左右转弯的方向	开启转向信号灯之前

表 3-2-4 高速公路上的导航信息与时机

No.	信息	信息的时机
①	高速公路入口即车灯 方向	入口处导航标识的 近前
②	交汇处的前进方向	交汇处导航标识的 近前
③	出口的名称	出口的导航

- 要容易听懂(在开始语音前设定催促音,还要使用标准用语不能用土语,比如要用“右转”不能说“右拐”等)。

- 语音的提示时长要便于记忆(5~7s)。

- 要与前方景象保持一致(要以顺着道路方向为基准判定左转或右转)。

- 遇到连续分叉路口时,要在第一个分岔路转弯前提示出第二个分叉路口的操作(帮助选择合适的车道)。

①“大约在前方 300m 处是高速。收费站处是京都方向。”

②“大约在前方 2km 处的多治见, 饭田方向。”



③“大约在前方 2km 处是高速小牧东出口”。

通过测量路径导航区间中的画面视认时间与视认频率,以及即将抵达应转弯的交叉路口前方时的心跳变化,确认了上述原则下的语音导航对降低驾驶人负荷的效果(图 3-2-39)。

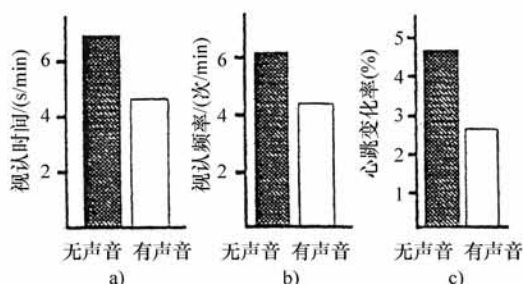


图 3-2-39 语音导航的效果

Streeter 与 Srinivasan 等人也对语音导航的效果进行了确认,但是他们也指出语音导航的另一个侧面,那就是可能招致讨厌语音的人的讨厌感。

另外, Zhai 等人认为应该利用视觉显示与听觉显示双方的优势。目前,进行听觉显示的导航系统通常都是与视觉显示的组合。

【木村贤治】

参考文献

- [1] 自動車材料 トヨタ撥水性ガラスを左右の窓に採用, フッ素添加のシリカを均一に塗布, 日経マテリアル & テクノロジー, No.139, pp.12-13 (1994)
- [2] K. Kamiya : Study on Easy Adjustability of Outside Mirrors for Crash Avoidance, the 11th International Conference on Experimental Safety Vehicles, pp. 490-494 (1987)
- [3] W. D. Bockelmann : Aspheric Rear-view Mirrors Enhancing the Safety of Drivers, Vision in Vehicles III, North-Holland, Elsevier Science Publishers B. V., pp. 399-408 (1991)
- [4] 大庭幸夫ほか : 予防安全向上に向けて, トヨタテクニカルレビュー, Vol.45, No.1, pp.8-19 (1995)
- [5] 吉次規幸 : 5.2 先進安全技術, 自動車技術シリーズ 第 6 巻 自動車の安全技術, 朝倉書店, pp.126-131 (1995)
- [6] トヨタ先進安全実験車「トヨタ ASV」を完成, News from TOYOTA, pp.1-4 (1995.3.2)
- [7] 村本久雄ほか : センティアの安全装備, マツダ技報, No.9, pp.61-65 (1991)
- [8] トヨタクラウンマジスタカタログ (1995)
- [9] Y. Inuzuka et al. : Visibility of Head Up Display (HUD) for Automobiles, Proceedings of the Human Factors Society 35th Annual Meeting, pp. 1574-1578 (1991)
- [10] 岡林繁ほか : 自動車用ヘッドアップディスプレイにおける前景情報と表示情報の認識について, 照明学会論分号, Vol.75, pp.267-274 (1991)
- [11] 岡林繁ほか : 自動車用ヘッドアップディスプレイによる前景情報と表示情報の認識について II—表示像位置の高さの影響一, 照明学会誌, Vol.76, No.2, pp.81-89 (1992)
- [12] T. Itoh et al. : Development of a Route Guidance System (An On-Board System Used in RACS), ISATA 90082, pp.327-334 (1990)
- [13] J. Fukano et al. : Automotive Head-Up Displays for Navigation Use, The 14th International Technical Conference on Enhanced Safety of Vehicles No.94-S2-O-02 (1994)
- [14] NIGHTSIGHT 広報資料, TI and Hughes Aircraft Company (1993)
- [15] N. J. Ward et al. : Behavioural and Cognitive Impact of Night-Time Driving with HUD Contact Analogue Infra-Red Imaging, The 14th International Technical Conference on Enhanced Safety of Vehicles, No.94-S2-O-04 (1994)
- [16] S. Zhai : An Information Structural Model of Vehicle Navigation and Its Implications, VNIS 912730 (1991)
- [17] 岩田康也ほか : ドライバーが必要とする情報の種類とその提供タイミング—ドライバーはどのような情報を必要とするか, (社)日本自動車技術会シンポジウム, VeRI 9301502, pp.2-8 (1993)
- [18] H. Morita et al. : Development of Toyota In-Vehicle Travelers' Information System through VICS Project, Proceedings of the First World Congress on Applications of Transport Telematics and Intelligent Vehicle-Highway Systems, Vol.V, pp.2486-2499 (1994)
- [19] S. M. Freundschuh : Does "Anybody" Really Want (or Need) Vehicle Navigation Aids?, 1989 IEEE, pp.439-442 (1989)
- [20] 大門樹ほか : 車載情報システムにおける認知工学的研究, 93 年日本人間工学会関東支部大会前刷集, pp.38-39 (1993)
- [21] 赤松幹之ほか : パーバブルプロトコル法および行動計測によるカーナビゲーションシステムのインターフェースの検討—ランドマークについて, 7th Symposium of Human Interface, pp.271-274 (1991)
- [22] H. T. Zwahlen et al. : Safety Aspects of CRT Touch Panel Controls in Automobiles, Vision in Vehicles—II, pp.335-334, Elsevier Science Publishers B. V. (1988)
- [23] W. W. Wierwille : Strategic Use of Visual Resources by the Driver while Navigating with an In-Car Navigation Display System, SAE 885180 (1988)
- [24] C. Tarriere et al. : Some Ergonomic Features of the Driver-Vehicle-Environment interface, FISITA 885051 (1988)
- [25] 住沢紹男 : 自動車の最新技術事典—6.3 ナビゲーション (井口雅一ほか編), pp.316-329, 朝倉書店 (1993)
- [26] 木村賢治ほか : 自動車用ナビゲーションシステムの人間工学的研究, 日本機械学会第 2 回交通・物流部門大会講演論文集, No.930-81, pp.503-508 (1993)
- [27] S. Shekhar et al. : Design and Validation of Headup Displays for Navigation in IVHS, VNIS 912795 (1991)



- [28] 岸浩司ほか：音声経路案内の人間工学的考察，(財)自動車技術会学術講演会前刷集 936，pp.93-96 (1993)
- [29] H. Kamiya et al. : A Study on Recognition of In-Car Visual Information, 1994 Vehicle Navigation & Information Systems Conference Proceedings, pp.469-472 (1994)
- [30] 隅田祐史ほか：経路誘導システムのドライバ負荷軽減に関する研究，(財)自動車技術会学術講演会前刷集 946，pp.109-112 (1994)
- [31] K. Kimura et al. : Human Factors Considerations for Automotive Navigation Systems, Proceedings of the 12th Triennial Congress of the International Ergonomics Association, pp. 162-165 (1994)
- [32] L. A. Streeter et al. : How To Tell People Where To Go ~ Comparing Navigational Aids, International Journal of Man-Machine Studies, Vol.22, No.5, pp.549-562 (1985)
- [33] R. Srinivasan et al. : Effect on In-Vehicle Driver Information Systems on Driving Performance : Simulation Studies, Proceedings of the First World Congress on Applications of Transport Telematics and Intelligent Vehicle-Highway Systems, pp. 1717-1725 (1994)

3.3 车内空气环境控制技术

3.3.1 车内空气环境净化技术

车内会残留内饰装潢材料的异味自不必说，还会有空调异味、乘员体味、烟味等各种各样的异味，甚至存在来自室外的粉尘，这些都会降低空气环境的舒适度。因此在改善室内空气环境，创造舒适的室内空间方面，开展了许多技术上的探索与研讨。

下面介绍车内空气净化技术及相应的实例。

a. 物理净化

(i) 消除异味 消除异味的方法大致可分为以下四种（表 3-3-1）：①物理方法；②化学方法；③生物方法；④感官方法。一直以来，车内常用的主要方法是利用活性炭等物质的吸附法、氧化吸收法，以及利用芳香剂等的遮盖方法。近来，利用具有强效氧化还原作用的光触媒的新方法也逐渐走进人们的视线（图 3-3-1）。

光触媒利用的是氧化钛与 UV 的完全氧化反应，因此与臭氧除味等方法相比，不仅能够确保高效的净化能力，具有更高的安全性。

(ii) 消除粉尘 消除粉尘的方法有用

滤清器收集的方法，还有利用静电吸附的方法。采用滤清器收集法时，通常也会同时使用静电吸附法。因为当香烟烟灰中的微小粒子通过滤清器时会使滤清器网眼变细，导致出现堵塞的问题。

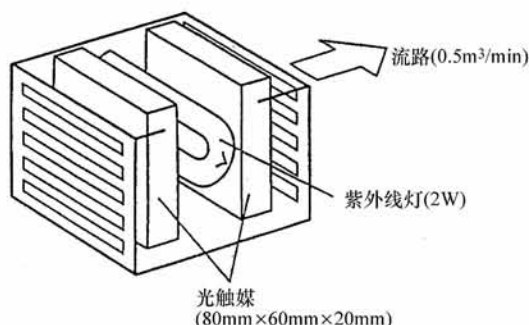


图 3-3-1 光触媒反应装置

静电吸附法虽然在收集微小粒子方面效果突出，但却需要定期清理，从成本及售后的角度来看，仍存在改善空间。

b. 感官净化技术

为了进一步提高车内空气环境的舒适性，围绕改善舒适性的技术展开了各种研讨。向车内提供芳香气味或含氧量高的空气就是方法之一，下面将举例说明。

(i) 利用香气的遮盖 利用香气遮盖异味的方法一直存在，但是由于每个人对香气的喜好差别很大，香气的选择非常关键。选取的香气一要受到多数人的喜爱；二不能破坏车辆的整体感觉，要与车型相配；三要与车内异味相和谐，避免与车内异味混合后变得更难闻。

这里，通常以进行主观检查等工作的人员作为评价标准来确定将采用的香气。比如，运用表达整车感觉的概念用语及舒适性的评价用语进行 SD 法调查，然后再选出整车概念与感觉比较接近、让人感到舒服且个人差异较小的香气。图 3-3-2 表示对各种香水的印象和选为车用香气的印象。

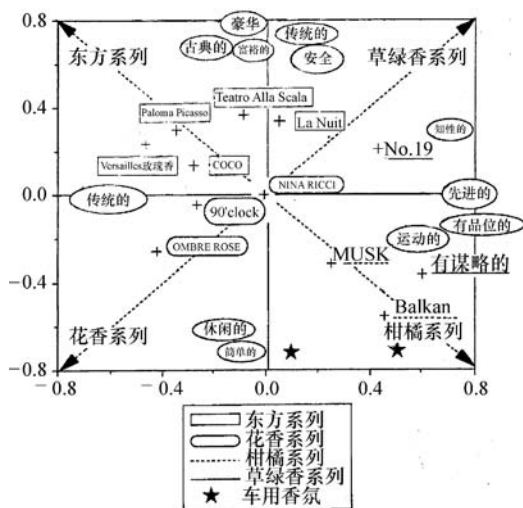


图 3-3-2 香水一览表

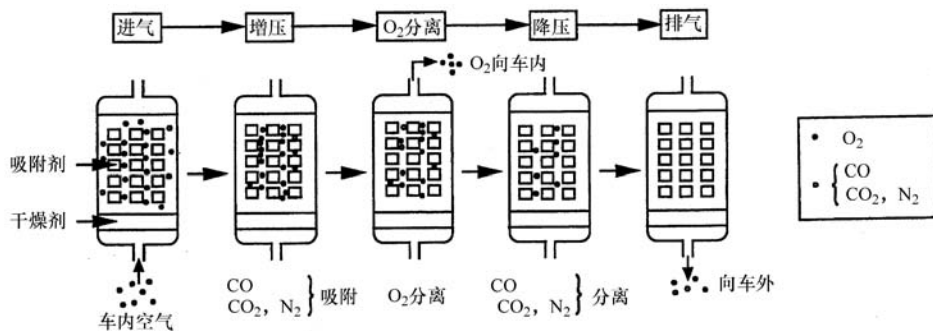


图 3-3-3 增加含氧量技术的概要

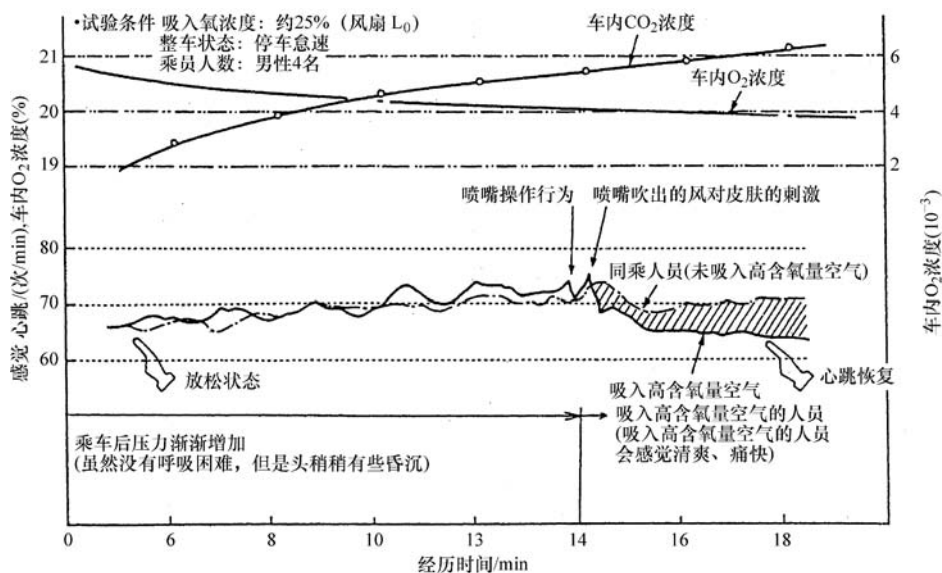


图 3-3-4 心跳变化

(ii) 增加含氧量 车内含氧量一旦降低, 二氧化碳的浓度就会升高, 容易使人产生睡意。因此开发了向乘员提供高含氧量高空气的技术。该技术是通过增高或降低压力, 使 CO 、 CO_2 及 N_2 从车内空气中分离, 然后吸附在载体上, 从而向车内提供高含氧量高空气的技术 (图 3-3-3)。

在生理试验中, 通过采用增加含氧量装置后的心跳或脑电波等舒适性要素的变化发现, 心跳会随着 CO_2 浓度的上升而增加, 但是在吸入高含氧量空气 5min 以后, 就能下降到刚上车以后时的水平 (图 3-3-4)。另外, 在脑电波方面, 发现安静感评价指标 α 波会在吸入高含氧量空气以后增加 (图 3-3-5)。

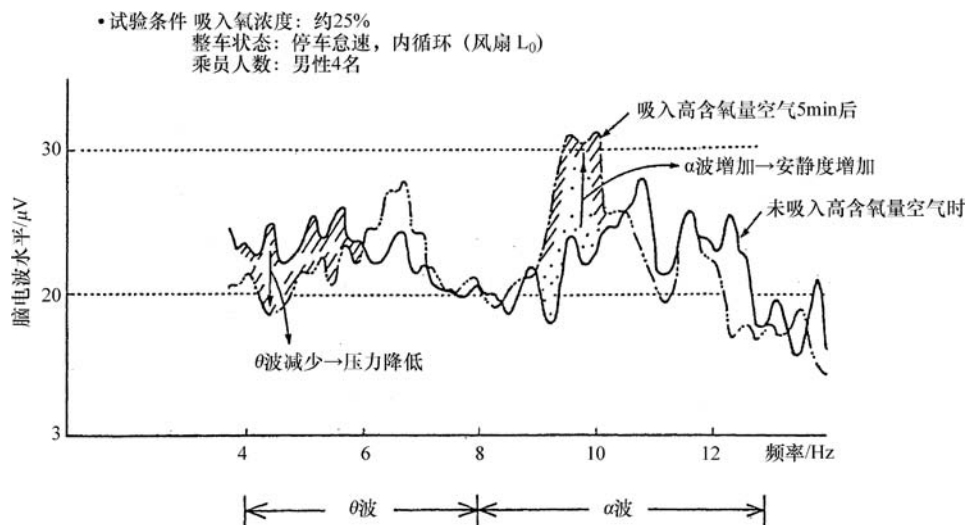


图 3-3-5 脑电波的变化

表 3-3-1 消除异味的方法

物理方法	水洗法	水、活性炭混合液
	吸附法	活性炭、沸石
	冷却凝结法	水冷、空冷
	稀释法	空气、大气扩散
化学方法	药液吸收法	
	氧化吸收法	气相氧化剂(臭氧、氯、二氧化氯) 液相氧化剂(次氯酸钠、次溴酸钠、高锰酸钾、过氧化氢)
	酸·碱吸收法	酸(硫酸、盐酸等) 碱(氢氧化钠、石灰)
	化学吸附法	离子交换树脂、碱性气体 吸附剂(磺化炭、酸浸渍活性炭) 酸性气体吸附剂(氢氧化铁、氯化铁、碱浸渍活性炭)
	燃烧法	直接燃烧法、触媒氧化法
	中和法	遮蔽剂、中和剂(植物精油)
	生物学方法	
感官上的方法	土壤吸附法	滤油器
	活性污泥法	活性污泥
生物学方法	氧化剂法	加速分解剂等
	遮蔽	芳香剂

3.3.2 利用气味的清醒度控制技术

目前已经开发出了利用气味的防瞌睡驾

驶技术。释放气味不仅能够改善车内的空气环境，还能够配合声音等刺激提高驾驶人的清醒度，防止“瞌睡驾驶”。该技术采用画



面处理方法,通过识别驾驶人眼部闭合状态检测出驾驶人清醒度下滑的状态(图3-4-6~图3-4-8),一旦确认清醒度下降,就会发出警报声,同时释放气味。经确认,薄荷系列香味的唤醒效果较好(图3-3-6),采用薄荷香味可保持清醒的时间是只用声音提醒的2倍以上(图3-3-7)。

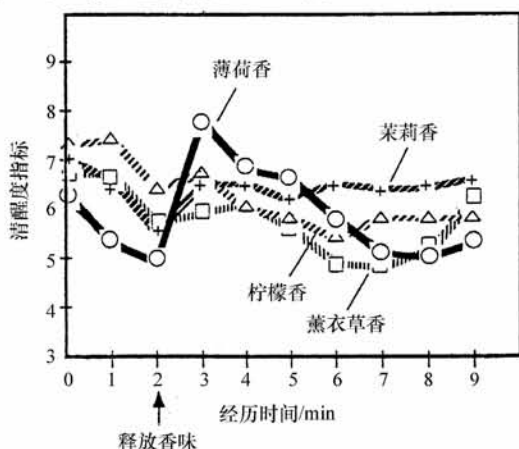


图 3-3-6 各种香味的唤醒效果

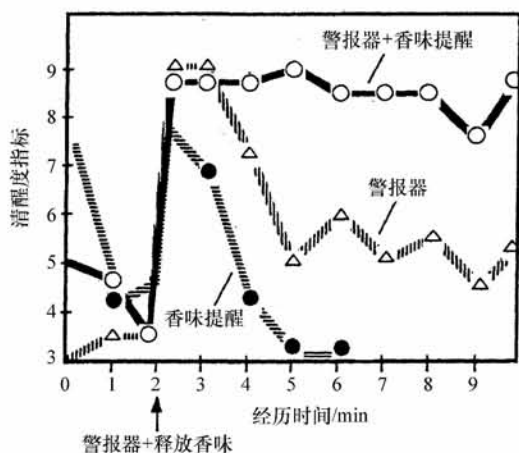


图 3-3-7 兼用警报器与气味提醒的唤醒效果

【早野阳子】

参考文献

- [1] カルモア脱臭資料 No.111, カルモア株式会社
- [2] 鈴木賢一郎: 光触媒式空気清浄器, 豊田中央研究所 R&D レビュー, Vol.28, No.3 (1993)
- [3] 小沢栄一ほか: 車内空気環境改善の新技术, 三菱自動車テクニカルレビュー 1993, No.5 (1993)
- [4] 日産技報, 33, 34 (1993)

3.4 驾驶人监控

在目前已知的驾驶人状态监控装置中,有的能够检测驾驶人瞌睡、溜号、发病等危险状态,还有的以全面提高舒适性为目的的评价驾驶人紧张感(精神负荷)。

驾驶人监控需要可自动并长时间检测驾驶人状态的技术,本节将围绕满足上述条件的以下三项内容展开介绍。

- 利用照相机与图像识别技术的驾驶人监控装置。
- 测量监控驾驶人生理与身体信息的装置。
- 监测驾驶人操作或由该操作引起的现象的装置。

3.4.1 利用图像识别技术的驾驶人监控

a. 视线检测

该系统的目的是通过检测视线移动,敦促驾驶人注意危险状态。这种检测按照视线移动的特定模式进行。比如,备受推崇的测量方法是通过测量视线移动速度下降、移动范围变小等信息,来识别驾驶人是否已从不清醒的状态变化到瞌睡状态。另外,还可以通过检测驾驶人的视线方向及视线停留时间判断出驾驶人是否正处于精神涣散、注意力不集中的状态。

测量视线的方法除了有眼部照相机等直接装备在驾驶人面部的测量装置以外,还有一种目前正在开发的远程视线测量装置,它不会给驾驶人造成负担,该方法运用图像处理技术,利用视网膜对近红外线的反射原理简化处理。

图3-4-1为该远程视线测量装置的基本硬件结构。该方法利用位于驾驶人前方的照相机和红外线照明,根据利用视网膜反射成像求出的瞳孔中心与角膜反射的相对位置关系检测驾驶人的视线。

b. 开闭眼检测

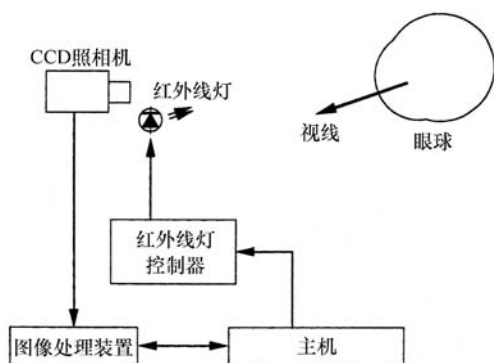


图 3-4-1 远程视线测量装置的系统构成

该系统的目的是通过捕捉眨眼频率增加或出现闭眼状态，判断驾驶人清醒度下降，从而敦促驾驶人注意。这种检测依靠包含眨眼频率增加在内的出现闭眼的模式进行。图 3-4-2 表示的从清醒状态到瞌睡状态的变化过程。



图 3-4-2 清醒度发生变化导致出现闭眼的模式

有的公司已经将通过检测眨眼动作来判断是否处在清醒度下降状态的检测装置应用在眼镜架上。如图 3-4-3 所示，它由传感器部分和电子处理器部分组成，传感器部分固定在眼镜左侧的镜片处，通过红外线检测出眼睑的开闭。



图 3-4-3 固定在眼镜上的眨眼检测装置

此外，目前正在开发不需要眼镜等固定的远程眨眼检测装置。这种装置同样运用图

像处理技术。

图 3-4-4 表示的是该装置的基本结构。首先把固定在驾驶人前方的 CCD 照相机拍摄的脸部图像一幅幅转换成电子图像，然后传送到图像处理器的画面存储器中。与图像处理器相连的主机会控制图像处理步骤并判定处理结果。图 3-4-5 表示的是睡眠检测的流程图。该方法的功能大致可分成前半部分的眼球检测功能和后半部分的睡眠检测功能。

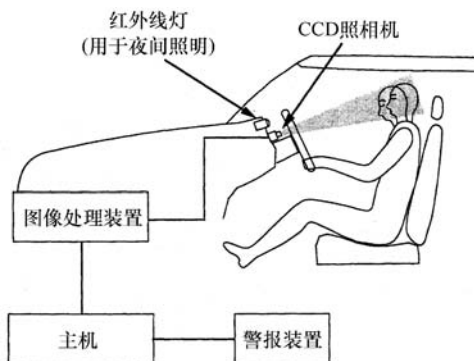


图 3-4-4 利用眨眼检测瞌睡的
驾驶警报装置系统图

(i) 眼球检测功能 眼球检测处理的大致流程是先在输入图像后进行图像二值化或图像去噪等预处理，形成眼球能够检测的图像。然后根据检测出的脸部最宽处找出脸部的左右位置，在脸部宽度中心线与脸部宽度所包围的区域内，分别独立地检测出眼睛的上下位置，设定眼睛的存在领域。在设定好眼睛的存在领域后，还要追踪眼部运动，更新眼睛的存在领域。

与眼睛存在领域的设定、更新同时输出的眼睛睁开程度值可用于判定是否眨眼和眼睛正确追踪，如果判定眼睛没有正确识别，就要返回到用脸部宽度识别眼球。

(1) 识别脸部宽度的方法：为了确定眼球存在领域的横向位置，需要检测出脸部的最大宽度。而脸部宽度可通过判定白像素的连续性，识别和确定脸部的左右宽度。

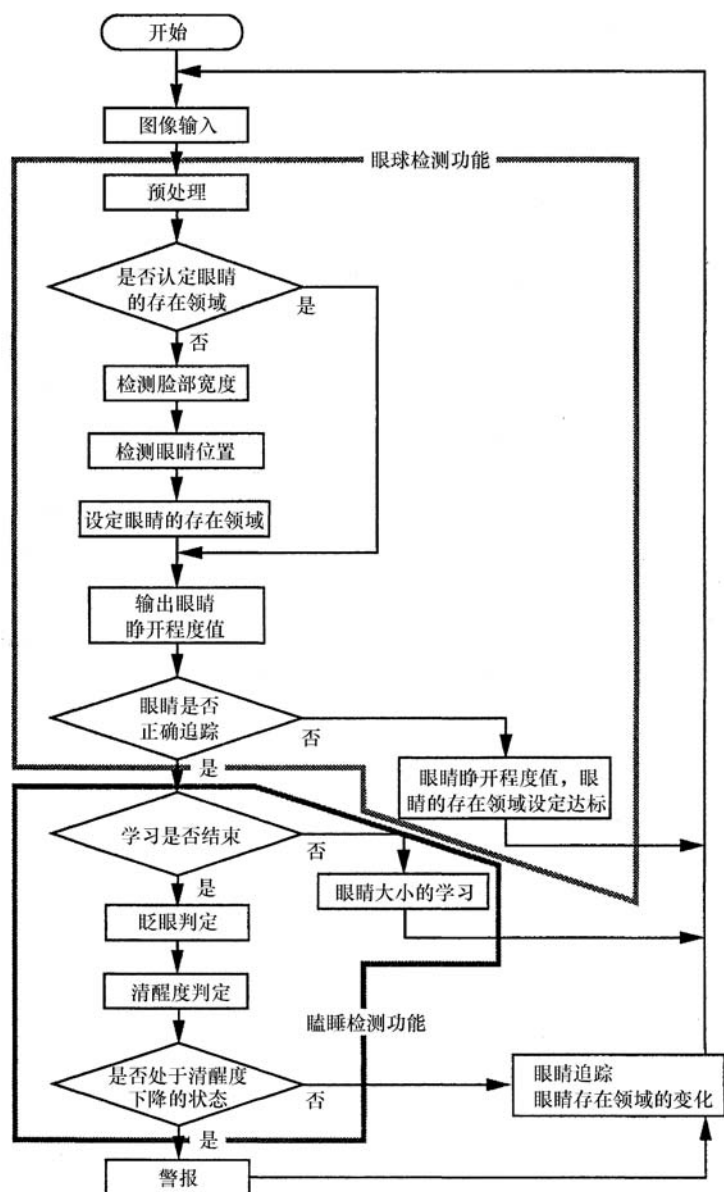


图 3-4-5 瞌睡检测的流程图

(2) 识别眼睛上下位置的方法：在图像二值化处理过程中，眼睛和眉毛、鼻孔、嘴巴等都是黑像素的集合。依靠标签处理识别这些黑像素的集合，然后根据各标签的面积、高宽比、图像数据上的相对坐标位置关系选出眼睛。以眼睛位置检测识别出的眼睛的中心坐标为基准，设定如图 3-4-6 的眼睛存在领域。

(3) 眼球追踪方法：追踪眼球位置对省略每幅图通过脸部整体识别眼睛位置，提高处理速度非常重要。该功能由眼睛存在领域的更新部分和识别出的无法追踪的部分组成。

更新眼睛存在领域时，要以识别出的眼睛圆角直径中心线交点坐标 (x_k, y_k) 为中心，设定眼睛的存在领域（图 3-4-7a）。

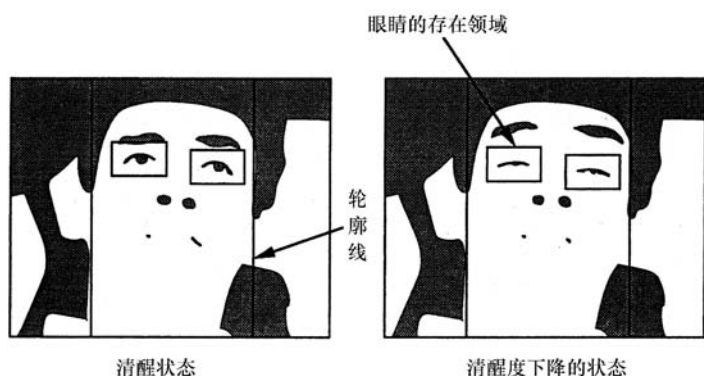


图 3-4-6 用位于驾驶人前方的照相机拍摄的脸部图像

设定出的眼睛存在领域将成为下一幅图像数据中眼球检索的眼睛存在区域。用本次眼睛存在领域所检测出来的眼睛中心点会因驾驶人的脸部动作等变化，相对于眼睛存在领域

的中心点 A 发生变化，因此为了应对上述眼睛的位置变化，就要以这幅画面检测出的眼睛中线点 B 为基准更新眼睛的存在领域，并且反馈到下一幅脸部图像数据当中（图 3-4-7b）。

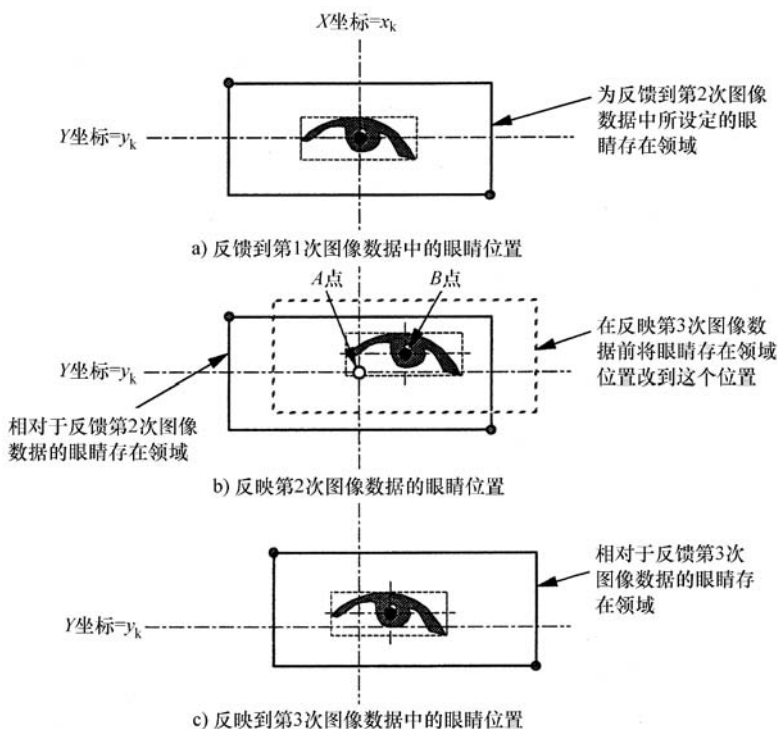


图 3-4-7 眼睛的追踪方法

然后与之前一样，在下一幅画面中，在变化的眼睛存在领域内进行眼球检索。如此这般，将眼睛的位置信息作为下一幅脸部图像数据的眼睛位置使用，就能够追踪眼睛的

位置。从这部分说明，我们还能够知道，眼睛的存在领域要根据能够应对眼睛位置变化的大小进行设定。

另外，当驾驶人在特定状态（基于下



文中应对个体差异的学习逻辑) 正确追踪眼睛时, 如图 3-4-8 所示, 眼睛睁开程度值会在通常规定的范围内发生变化。因此, 当

判定值超出范围时, 就判断为眼睛无法正确追踪, 需要马上重新根据脸部整体检测眼睛的位置。



图 3-4-8 眼睛睁开程度值

(ii) 睡眠识别功能

(1) 开闭眼识别方法: 设定由眼睛圆角直径确定的窗口, 将该窗口内纵向的黑像素的最大值作为眼睛的睁开程度。

(2) 开闭眼判定值的设定方法与学习方法: 以驾驶人睁眼和闭眼时的眼睛睁开程度的测量值为基准, 设定驾驶人的开闭眼判定基准值。根据这种方法, 还能够进行眼睛大小的学习值, 应对个体差异或因拍摄时照相机和脸部距离的差异所导致的眼睛大小的不同。

(3) 睡眠判定方法: 有一种方法是通过判定在规定时间内出现闭眼的发生模式, 来判断驾驶人清醒度, 并识别睡眠状态。

c. 面部表情检测

该系统的目的是通过面部表情检测驾驶人的心理状态, 并对趋于的驾驶人心理状态给予警告。比较受推崇的识别方法是利用人脸部动作显著且与眼睛、嘴巴密切相关的参数的相互关系进行识别。

利用能够远程测量的图像处理技术是一种正在研究的面部表情识别方法。该方法通过处理面部的深浅图像来识别表情。用于自动识别表情的特点变量有四个会对喜怒哀乐表情变化产生重大影响的参数 (图 3-4-9), 分别是 P_1 : 嘴的曲率, P_2 : 嘴的高宽比, P_3 : 眼睛的睁开情况, P_4 : 眉毛的倾斜。

这些特点变量可以通过从脸部图像中提取眼睛、眉毛和嘴的轮廓求出。

d. 面部温度检测

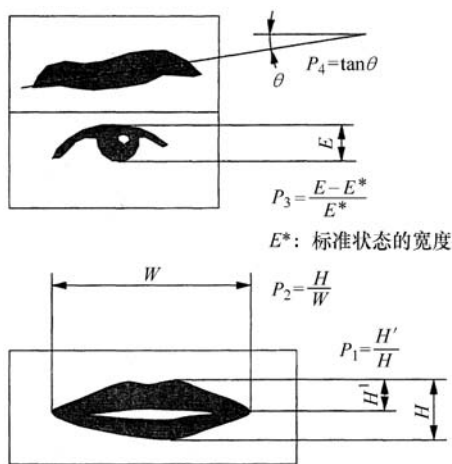


图 3-4-9 各特点变量的测量方法

面部的温度变化与身心状态密切相关, 自古就有许多与面部有关的形容兴奋、紧张、惊愕的固定说法, 比如“脸色潮红”“脸色苍白”“脸色变了”“闹了个大红脸”等, 这些都说明身心状态会反映在脸上。这种通过面部温度变化监测身心状态的方法虽然正处于台架试验的研究阶段, 但是也明确了以下事实。

- 驾驶过程中, 根据驾驶的劳动负荷与驾驶的紧张程度可知脸部表面温度一般呈上升趋势。

- 驾驶过程中, 一旦出现心情不好或晕车等情况, 脸部表面温度呈下降趋势。

3.4.2 基于生理信息的驾驶人监控

a. 心跳

在医疗电子领域, 自古以来就不断尝试



通过生理信息来测量精神状态。近年来，心跳解析备受瞩目，旨在通过检测心跳次数和心跳间隔的变化，获取驾驶人紧张或放松等精神状态的指标。

用心跳将紧张程度指标化的方法

图 3-4-10 为心电波形及其心跳间隔波动的计算方法。如果将心电波形的脉冲波叫作 R 波的话，那么其间隔就叫作 RRI（R - R Interval）。RRV（R - R Variance）是 RRI 的正态分散值，若紧张程度增加则为小值（也就是说心跳脉冲的间隔保持一定），处于放松状态则为大值（心跳脉冲的间隔不一致）。

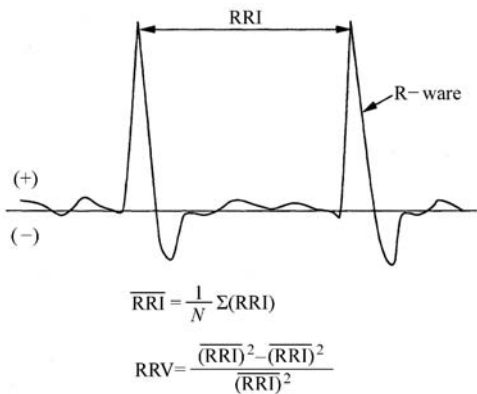


图 3-4-10 心电图的波形

b. 皮肤电位

如图 3-4-11 所示，皮肤电位一般代表人的手掌和前臂部位的电位差，众所周知清醒度高时皮肤电位值也高，而清醒度降低时皮肤电位也低。电位通过在金属电极上安装导电胶测量皮肤表面电极。

下面介绍一种正在开发的系统，目的是可在车辆驾驶以外的日常生活中轻松使用。传统的测量皮肤电位的电极需要在皮肤与金属电极等之间加入导电胶，操作复杂，而且使用后导电胶会残留在皮肤上。而该系统与皮肤接触的表面是干燥的，而且离子导电采用图 3-4-12 中的优质电极——多孔电极。多孔电极材料采用的是非金属的陶瓷材质。

考虑到便携性，该装置采取电池驱动的腕表形式，选取的电位检测部位是小指手掌和手腕表面。

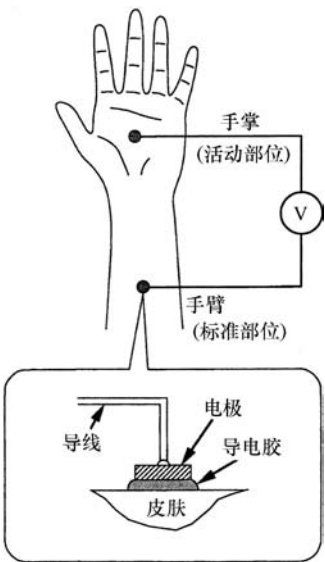


图 3-4-11 皮肤电位的测量方法

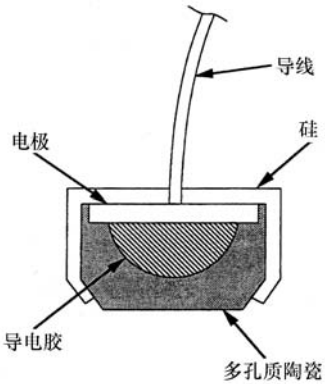


图 3-4-12 多孔电极

3.4.3 关于驾驶操作与车辆动作的监控

a. 驾驶操作

监控驾驶操作的系统可通过判定转向操作状态与驾驶持续时间提醒驾驶人注意。该系统可在不同场合发出警报，比如当转向角速度传感器检测出的转向操作与屡次出现疲劳驾驶时的转向操作模式一致时，或综合考



虑天气、驾驶时间及休息时间等要素累计驾驶时间超过规定时间时, 均会警报 (图 3-4-13)。

b. 因驾驶操作而产生的现象 (车辆动作)
监控车辆动作的系统可通过判定行驶状

态提醒驾驶人注意。该系统依靠前方图像数据等, 利用车辆相对于行驶轨道的横向位移的时间轴数据, 捕捉车辆蛇行行驶现象, 探索驾驶人睡眠状态。

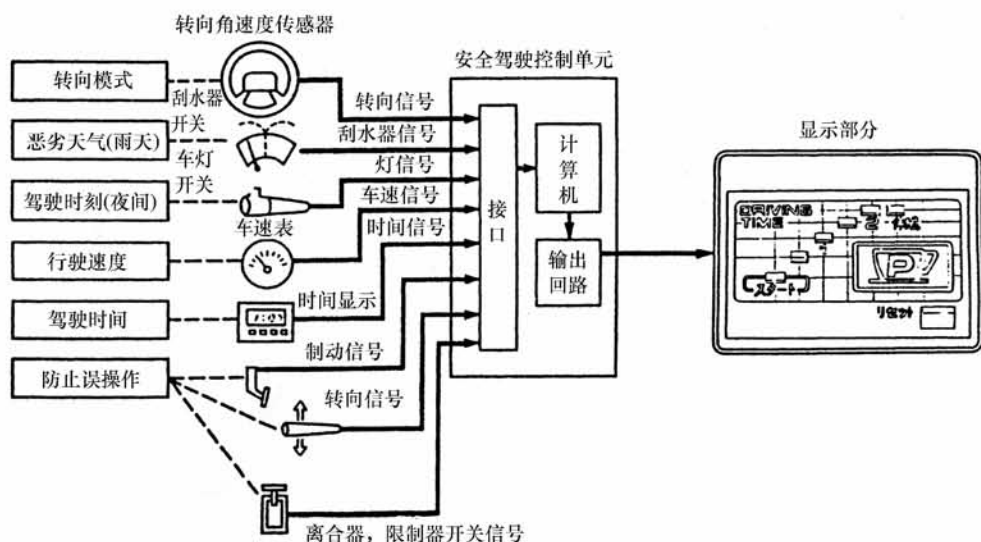


图 3-4-13 系统结构图

【金田雅之】

参考文献

- [1] H. Saito et al.: Applications of Driver's Line of Sight to Automobiles-What can Driver's Eye Tell, VNIS '94 Yokohama, Japan 8/31-9/2, pp.21-26 (1994)
- [2] 金田雅之ほか: 居眠り検出技術に関する研究, 自動車技術会, 学術講演会前刷集 941, pp.29-32 (1994)
- [3] 石井威望ほか: 画像理解による運転者の表情の自動認識, 自動車技術, Vol.41, No. 12, pp.1398-1403 (1987)
- [4] 松浦譲ほか: 運転者の生体反応による操縦時の心身状態評価の研究, 自動車技術会論文集, Vol. 25, No.1, pp.112-117 (1994)
- [5] 渥美文治ほか: ドライバーの心拍解析による車両運転時の精神負荷評価, トヨタ Technical Review, Vol.42, No.211, pp.4-11 (1992)
- [6] 毛利宏ほか: 車両操安特性の違いがドライバーの運転ストレスに及ぼす影響の検討, 自動車技術, Vol.48, No. 12, pp.30-35 (1994)
- [7] 児玉悟ほか: 皮膚電位を用いた覚醒度検出装置の開発, 自動車技術会, 学術講演会前刷集 912, pp.213-216 (1991)

第4章 基础技术的未来展望

4.1 充实数据库

4.1.1 概述

设计师设计产品时,首先要衡量开发概念与技术、成本等要素之间的关系,然后进行性能目标设定。例如设计发动机时,要把重量、最大输出功率、最大转矩等物理量作为性能目标进行设定。开展人机工程方面的设计(这里主要指舒适性设计)时,有时很难将性能目标置换成诸如最大输出功率为120kW等的设计参数,经常会出现比较模糊的概念,如比原来的产品“容易使用”“容易疲劳”或是“舒适”。

虽然不断尝试利用人机物理模型或客观测量的方法,将主观概念定量化,但是仍有很多研究课题亟待解决。而且,即便是形成定量化技术,由于人在物理上、生理上、心理上的许可极限范围之宽广,也常常会导致设计困难。换句话说就是个体差异较大的人类本身特性是人机工程设计困难的重要原因。

4.1.2 人机工程数据库的必要性

定制商品另当别论,在普通的工业产品设计中,如果从生产者的角度考虑,从成本、效率等要素出发,自然是希望能够用最少的品类满足更多的使用者要求。而且,近年来消费者的意识发生变化,逐步从追求物质丰富转变为追求品质丰富,需求及生活方式呈多样化发展。日本迅速发展的老龄化也变成了重大社会问题,特别是考虑到老年人身体特征偏差较大的问题,想单凭少数品种满足消费者多样化的需求越来越困难。

在这种社会背景下,为了能够开发出满足消费者使用要求的产品,单凭一部分属性数据是远远不够的,这需要大规模的数据做支撑,要尽量依靠大范围的属性、统计并把握平均值和偏差。另外,诸如身高、脚长这类体态特征也会随时代的发展而变化,因此要尽量寻求最新数据。今后,要通过人机方面的多样化数据充分理解消费者的特点与需求,开发出更适合消费者身体特点及使用条件的产品。

虽然说考虑个体尺寸差异与特性偏差展开汽车设计能够增加消费者的满足感,但是反过来看,成本及生产效率上的负担也会大大增加,因此这不能算是符合实际的解决方法。如何诠释人体差异并进行分组,是今后产品战略的关键。也正因如此,系统化地积累各人体特征,形成容易调取的“人机工程数据库”,开展设计与评价至关重要。这里所说的数据库是指“在各个组织体系中保持相对完整性,利用计算机针对不同目的所要参考的信息进行一元管理并储备的数据库”。

CAD/CAM等计算机设计辅助系统在现今的汽车设计开发中扮演着不可或缺的角色。但是数据集、文献出版物等传统的数据利用形式却必须转化、录入到计算机。而且想要将测得的数据重新加工成满足使用者要求的形式也会遭遇同样的问题。因此由各种数据库提供数据再进行计算机处理势必成为今后设计评价方法的主流。在时代发展的浪潮中,发达国家纷纷致力于完善数据库的相关工作,随着网络构建技术的进步,在国际信息的提供上也有了长足发展。

从目前日本的情况看,除了科学技术文



献数据库及部分特殊数据库以外，几乎没有能有利于生活相关产业技术开发的数据库。这致使研究与设计人员搜集所需信息时仅局限于企业内部的小规模数据收集，与欧美相比处于劣势。因此储备与人类生活息息相关的信息及人机特性数据，完善“人机工程数据库”作为产品开发的技术基础或者直接的设计辅助工具，将对提升开发效率和技术水平，提高生活水平做出巨大贡献。另外数据库储备也会像尺寸及性能的标准化一样，作为一种指导目标变成开发标准。

4.1.3 人机工程数据库的现状

以座椅靠背的设计为例，虽然解剖学上声称“能够支撑第5腰椎和骨盆即可”，可是如果不了解从实际座面或臀点的设计基准点到第5腰椎的尺寸或骨盆的宽度，对于产品设计与评价来说，也起不到相应的作用。这类数据要么母集少，要么数据老，要么对象的属性特殊，能够应用到实际设计中的数据少之又少。目前的实际情况是设计人员纷纷致力于数据测量方法，然后利用实际测得的小规模数据开展设计与评价。在承认现状的基础之上，首先将在这里谈一谈具备的数据库形态以及能够实际利用的人机工程数据库的现状。

通常与人机工程相关的数据库的数据形态可如下分为文献数据库和事实数据库。表4-1-1介绍的是目前能够获得的、具有代表性的人机工程相关信息的数据库。

a. 文献数据库

文献数据库（参考数据库）是指从各种以文字信息存储的文献中汇总而成的与人机工程有关的数据，它具有以下形态。

- 文字信息：报道，文件，文献目录条目，摘抄等。

已有的数据库多为该种形态。这些数据库基本上都属于文字信息，因此这类数据形态虽然能够作为参考数据使用，却难以直接

运用到设计当中。总结此类数据库时，需要使用者根据具体的要求主题，收集与人机工程有关的数据，因此如何系统地设定条目，提炼便于检索的综合关键词和主题词表是突出每个数据库特征的关键。可实际上，文献数据库大多是面向整个广阔的科学技术领域，据悉人机工程领域的数据库只有隶属于Birmingham大学Ergonomics Information Analysis Center的ERGONOMICS ABSTRACT数据库。因此能否利用好文献数据库有赖于使用者的知识和经验，如关键词的选择等。

b. 事实数据库

事实数据库（资源数据库）就是对设计过程有用的数据库。这是因为通过替换重组所积累的数据能够得到使用者想要的数据。与工业生产有关的企业和公共机构最终所需的数据库不光是文献信息的静态数据库，还需能够用在设计过程中，基于人机工程数据可用于设计对象的评价、控制、设计等方面的人与人所面对的一系列空间、信息、环境系统要素的动态评价数据库。把使用者能在任何时候、任何地点随时检索的数值信息或图像信息等作为事实数据，形成数据库。最理想的状态就是能够根据需要而输出。形成数据库的信息可具有以下形式。

- 数值信息：试验测量数据，统计处理数据等。

- 文字信息：试验测量参数，试验人员属性等。

- 图像信息：3D形状，动作轨迹，心电图，肌电图，X射线图片等。

- 影像信息：试验观察记录等。

- 声音信息：声音记录等。

目前完备的事实数据库极其稀少，日本人类生活工程研究中心所有的人体测量数据库是日本国内可利用的数据库。这里将以已有的事实数据库为例，简单说明人体测量数据库。

对于诸多身体尺寸数据，很早就已经开



表 4-1-1 与人机工程有关的主要数据库

数据库类型	数据库名称	国家, 开发机构	概 要
1) 文献数据库	DIALOG	Knight Ridder 公司 (美国)	以科学技术、工业、经济领域为对象, 拥有超过 300 卷卷宗的世界最大在线数据库。专业领域还包括与人机工程有关的信息
	INSPEC	IEE (电气技术者协会, 英国)	在线数据库。与人机工程相关的领域有计算机科学、电气工程、生物工程、航空工程、机械设计和系统设计
	EMBASE EXCERPTA MEDICA	Elsevier Science Publishers (荷兰)	在线医学文献数据库。与人机工程相关的领域有工业医学
	CISDOC	ILO (国际劳动机构)	在线数据库。与人机工程相关的领域有工作安全与健康, 约 4500 件
	IRRD 道路文献卷宗	OECD (经济合作开发机构)	在线数据库。收录与 IRRD 加盟国 (20 个国家) 道路运输研究有关的文献信息。道路设计领域主要与视觉、认知特性有关
	JICST 科学技术文献卷宗	日本科学技术情报中心 (日本)	在线数据库。付费提供世界各国的科学技术情报, 其中包含与人机工程有关的信息
	ERGONOMICS ABSTRACT	Ergonomics Information Center (Birmingham 大学, 英国)	拥有人机工程整体信息的唯一一个人机工程专业数据库。“Ergonomics”自 1969 年开始积累, 1986 年以后输入计算机。在这里可以检索到 625 个以人机工程为主题的专业用语和 224 个与应用有关的专业用语
2) 事实数据库	MEDLINE	NML (美国国立医学图书馆, 美国)	它是对应 NML 发行的“Index Medicus”文献信息的大规模文献数据库系统
	ERGODATA	法国政府	以身体测量值、生物工程、CAD、作业环境设计等为对象。共计保有 450 万人的身体测量值数据
	AIR Data Stone	AIR (American Institute for Research, 美国)	以能够适用于电气测量装备系统的人机工程设计为目的开发而成。数据内容大致可分为 Input、Mediation Process、Output 人类行为情况几大类, 并且按照各情况附带装置组件进行汇总。这些数据包含装置大小、形状、数量等外部可见的参数及识别、比较等人机行为要素
	Bunker - Ramo Data Bank	Bunker - Ramo 公司	由和操纵装置 (开关、按钮、键盘类) 及显示装置 (测量器、CRT 类) 有关的人机工程数据组成。虽然可以作为文件数据使用, 但数据范围主要与测量仪器读取或装置操作有关, 还有一部分与信息传递有关。处理任务中包括与驾驶操纵有关的内容
	人体测量数据库	人类生活工程研究中心 (日本)	拥有 178 项身体尺寸值和与 3D 形状有关的约 34000 人的日本人数据



始收集，它是人机设计中决定利用空间及物品尺寸的最基本数据。一旦明确传统的测量方法，系统的数据收集就变得更加容易。在汽车设计，特别是座椅或内饰空间的设计中，许容尺寸被严格控制，特别是具有现实意义、分别代表 95% 的男性与 5% 的女性来表示最大值和最小值的 95% 的数值和 5% 的数值已经成为重要的设计指标之一。但是传统数据大多是用于衣料尺寸标准化或与军人数据等特殊工业领域或属性有关。在这种背景下，为了形成可供多产业领域利用的包含

最新数据的数据库，1992 年到 1994 年间，日本在全国 10 个地区进行了测量，测量对象的范围从 6 岁的小学生到 97 岁的老年人不等，最终男女共计得到了 34000 人的数据。

该数据库由“测量数据库”“统计数据库”“图像数据库”组成（图 4-1-1，图 4-1-2），其中“测量数据库”截至目前，从身高、体重到胸围，每人包含 178 项数据；“统计数据库”是将数据按性别、年龄段等分类后再经过统计处理而获得的；“图

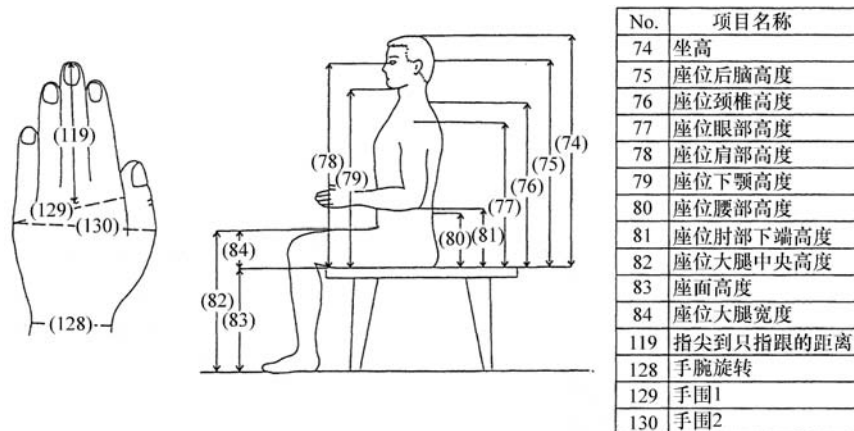


图 4-1-1 人体测量数据库的测量数据项目举例

像数据库”具备凭借线框图输出的全身 3D 数据。一部分数据是利用多功能测量仪器亲自手工测得，但大部分都是依靠光学非接触式 3D 形状测量仪自动测量的，也得益于此，简化了数据测量与数据录入计算机的工作，使得试验人员庞大的数值数据和图像数据能够最终形成数据库。数据可利用磁盘或 CD-ROM 等媒介付费获取，以汽车行业的企业为首，许多与生活有关的企业都在使用这些数据。另外，还基于 SAE 建起了数据库，截止至 2000 年，CAESAR 项目将在美国和欧洲测量 15000 人的人体形状数据，同时该项目也计划进一步向海外拓展。

综上所述，人机工程数据库会在未来不断充实和完善。对于人机工程数据来说，如果按照符合感觉、感性诉求，便于理解行为

和认知特性，适应老龄化的社会新要求及新趋势，或是将它作为可用于汽车设计中的辅助工具来评判，那么它的水平还远远不够。今后应该从上述角度出发，不断充实和完善数据库。

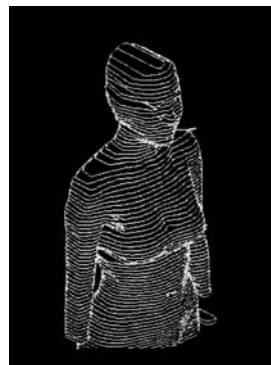


图 4-1-2 人体测量数据库的 3D 图像数据举例 [（社）人类生活工程研究中心提供]



4.1.4 作为汽车技术基础的人机工程数据库

作为今后汽车设计的基础技术到底应该追求怎样的人机工程数据库呢？下面就介绍一下应用在汽车开发或满足未来要求的人机工程数据和用于汽车设计的人机工程数据库。

a. 汽车设计中的人机特性数据要求

汽车不单纯是交通工具，有时需要它能像帐篷一样为我们提供一个休息或就寝的空间，有时需要它像移动办公室一样为我们提

供办公的空间。汽车的使用环境覆盖面非常广，如高速公路、林间小路、白天或夜晚等。驾驶人与同乘人员要求的移动空间也不尽相同，使用者及其使用程度、使用条件可谓多种多样。另外，由于汽车的普及和生活方式的多样化，使用者不仅要求汽车能够符合身体特性上的功能需求，还要求能充分彰显使用者对内饰的兴趣、嗜好等个性，提升满足感。表4-1-2是与汽车有关的行为，还有使用者在该行为中的性能要求、与该性能有关的汽车设计要素以及用于设计的人体参数特性的数据。

表 4-1-2 与汽车运动行为有关的人体特性数据

运动行为	性能要求	设计对象和性能项目		人体特性数据要求
		与车相关	与环境相关	
1. 上下车与装载 • 上下车 • 装载	轻松进入 轻松移动身体 轻松装载货物	门槛、顶棚高度 座椅座面高度 车门开口部面积 把手位置 行李箱下端高度	马路台阶	可动区域，柔软性 不同位置，动作的肌肉负荷量 操作区域和动作特点
2. 驾驶 • 认知（感觉） • 判断（听觉） • 操作 • 姿势	短时间内可识别 死角少，无漏看 听取所需信息 能够正确判断周围、自身车辆状态 能够轻松、快速的操作 身体疲劳少 能够保持舒适姿势 身体疲劳少	显示仪表、开关位置、文字大小，配色 周边的可视方式（死角较少） 室内的隔音特性 显示信息量，诱导方法 把握车辆感觉的难易度 紧急规避的制动特性 操纵装置、开关的布置 操纵力 室内尺寸 座位，操作系统的综合布置	道路（宽度、表面、人车分流） 信号灯，标识，交通信息的显示位置，大小，配色 收音机的交通信息 警报声的音量 有无障碍物 道路条件（宽度、表面、人车分流） 有无休息设施、间隔	视力，色感，调节能力，暗适应 反应时间 动态视力，周边视野 可听范围，辨别特性 注意 空间感觉（距离感觉） 速度感觉 各布置下的手脚最大动作速度 手脚的可动区域 各姿态下的肌肉负荷量，落座姿势尺寸 长时间的疲劳变化

(续)

运动行为	性能要求	设计对象和性能项目		人体特性数据要求
		与车相关	与环境相关	
3. 空间舒适				
• 落座	乘坐舒适性好 平顺性好	坐垫材质、姿势支撑位置 弹簧系统结构		姿态下的肌肉负荷量, 落座姿势形状 振动感觉 温暖感觉
• 空调	舒适的空调、香气	空调温度·空气质量控制		
• 音响	舒适的音乐环境	娱乐设备控制		声音的空间感觉
• 内饰	感觉宽敞, 无压迫感 符合趣味·嗜好的设计	车内尺寸 颜色、材质、形状等整体协调		空间尺寸和宽敞感 印象与造型要素的关联

例如, 图 4-1-3 表示的是在设计车门玻璃和顶棚内饰板之间的距离时, 为确保宽敞而通过实验的方法获得的乘员头部的活动范围。这类以人体尺寸和关节点为中心的活动区域数据不仅可以用在车内空间的间隙设定上, 还能够用在换挡或开关的优化布置上。如果能够积累到最新且丰富的数据并形成数据库, 就能够省略许多试验测量工作, 大大提高设计效率。

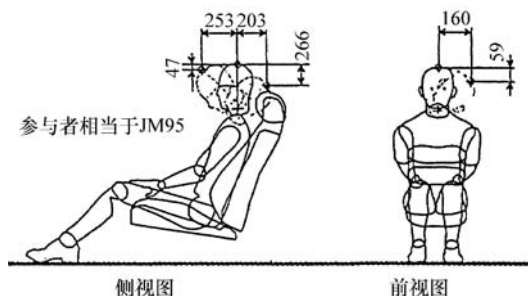


图 4-1-3 头部可动量 (试验结果举例, 测量时未使用弹性头垫)

图 4-1-4 是对夜间行驶时不同配色标识读取距离的试验结果。该数据也是年轻人群与老年人群特点的比较结果。这类视觉特性数据不仅适用于建立诸如道路标识等汽车环境的设计标准, 还能够在仪表等显示系统的设计中发挥重要作用。另外从试验人员的归纳与处理难度来看, 截至目前, 根据年龄属

性的数据积累, 特别是老年人的人机工程数据还不够。考虑到未来老龄化的发展, 老年驾驶人将迅速增加, 因此今后要尽快充实和完善这些数据。

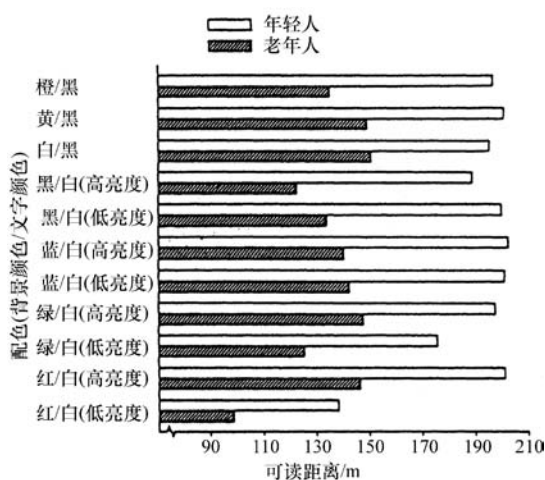


图 4-1-4 按年龄段的标识配色与夜间行驶时的读取视距之间的关系

图 4-1-5 是汽车内饰设计辅助系统实例。该系统以辅助传统的造型工作为目的, 采用感性工程方法, 只要在计算机中输入形容内饰印象的形容词, 就会在显示器上输出与之相符的画面。该系统需要量化评价用语 (“稳重”、“可爱”等) 和造型要素 (形状、颜色、材质等) 之间关系的知识数据库。作为今后的基础技术, 不仅传统形式或



身体功能数据非常关键,像这种表示感性或心理的数据库也将越来越重要。

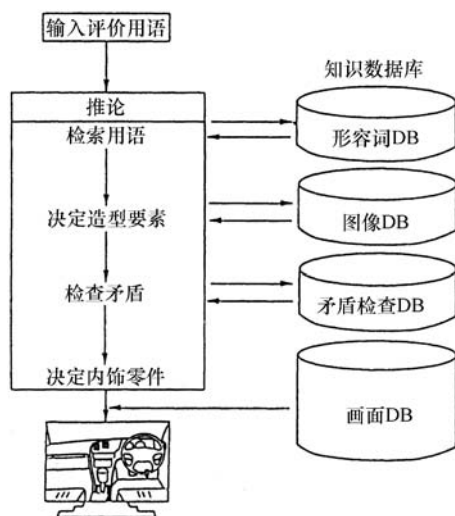


图 4-1-5 内饰设计辅助系统与感性数据库

汽车的人机工程设计不仅需要多种多样的人机特性数据,还需要与之相应的数据处理方法。而且数据形态往往不是单一数值,也可能是图像数据、肌电图或是能够掌握年龄变化的时间过程数据。最终要实现有序积累种类繁多的庞大数据,形成能够轻松在设计中进行操作的数据库。

b. 汽车设计辅助系统所要求的人机工程数据库

人机工程数据库不单是积累人体特性数据的手册,还要能凭借计算机成为一种能够用于产品设计或评价工作的辅助工具。基于这种情况,如果不扩大使用者的设定范围,就会沦为使用价值极低的数据库。实际上,能用到人机工程数据库的人员范围极广,从造型人员到机械电子技术人员,再到人机工程师均可以使用,而且,在使用过程中,外行和专家的利用方式千差万别,处于策划研究、造型、设计、评价、生产等产品开发的不同阶段,对人机数据库的利用形式也不尽相同。例如,如果图 4-1-1 示的人体尺寸数据具备用于 CAD 的状态或功能,那么就能

用于具体的设计评价阶段,可进一步提高产品开发效率。

根据以上需求,如图 4-1-6 所示提出了利用人机工程数据库的设计辅助系统概念。使用人员可通过 CAD/CAM 或仿真、评价系统参照人机工程数据库。人体特性数据不仅能够成为使用 CAD/CAM 进行产品设计的指南,还能够通过仿真参与评价设计出来的产品。例如,在三维 CAD 人体模型中恰当地运用身体尺寸数据,就能够表现出男人或女人、身材魁梧的人或身材矮小的人、老年人等各类人体。如果数据中包可动区域的动态数据或肌力等数据,那么就能够仿真 CAD 设计的变速杆形状或总布置数据,还可以让 CAD 人体模型动起来进行换挡操纵,从而模拟手可到达的范围和肌肉负荷是否合适。这项功能对于具有一定知识或经验的实际设计参与者非常有用。

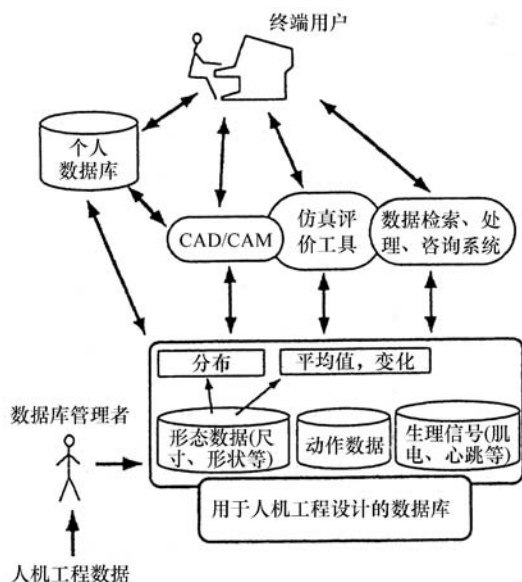


图 4-1-6 利用人机工程数据库的设计辅助系统概念图

对于想要按照自己的要求利用数据的人来说,能够直接登录数据库,检索和解析所需数据并将处理完毕的新数据积累到个人数据库的功能也是必要的。另外,检索方法能



使毫无人机工程专业知识或经验,不懂人类学、生理学或心理学专业用语的人轻松找到所需数据,视觉界面可使初次使用者也能轻松掌握,这些都是人机界面中不可或缺的考虑因素。

4.1.5 人机工程数据库的未来展望

要想构建能适用于汽车开发的人机工程数据库,仍存在许多问题。上文提到的设计辅助系统所存在的问题多是与数据积累、处理、管理有关的系统设计上的技术难题,但山下的报告已经说明了技术上的可行性。而且近年来,随着信息处理技术及网络技术的发展,这类系统的构建正逐步成为现实。其实与之概念相近的系统已经开发出来并正在使用。由德国汽车公司开发的 RAMISI 就是能够靠三维人体模型评价乘员姿势、动作和舒适性的 CAD 人体模型。与传统的 CAD 人体模型相比,具有可以计算姿势、视野及测得动作的评价值,解析标准体型数据意外的任意测量数据的优点。

人体特性数据是数据库的根本所在,收集或扩充数据需要花费大量的人力和财力,因此单一企业拥有的数据量都是有限的。而且还要进一步研究作为设计评价基础的指标化技术,换句话说就是指怎样才能优化处理、评价人体特性数据。基于以上分析,从基础设施整备的观点考虑,要想构建上述人机工程数据库,需要国家或公共机构的支持。希望能够在明确技术可行性和社会需求的基础上,分阶段地整备、充实数据库。

在日本,人类生活工程研究中心在通产省的支持下,已经着手构建人体各种特性数据库。已投入使用的人体测量(形态)数据库是第一代数据库,目前正计划向使用数据的动态(姿势变化或可动区域)加工、基于 CAD 人体模型的设计评价系统方面扩展。而且为了构建下一代数据库,已经开始围绕感觉或听觉及运用功能,特别是面向老

龄化社会、以老年人为中心的身体功能展开测量工作,下一步将分阶段地对疲劳、压力、嗜好等感觉数据和行为、认知特性数据整备数据库,最终形成综合性数据库(图 4-1-7)。通产省工业技术院正在进行感觉量化及指标化的相关研究,这些都是支撑构建数据库的技术。汽车行业希望这些公共机构的研究结构能够在今后得以整理,并与构建和充实数据库紧密衔接起来。

【贵志阳一】

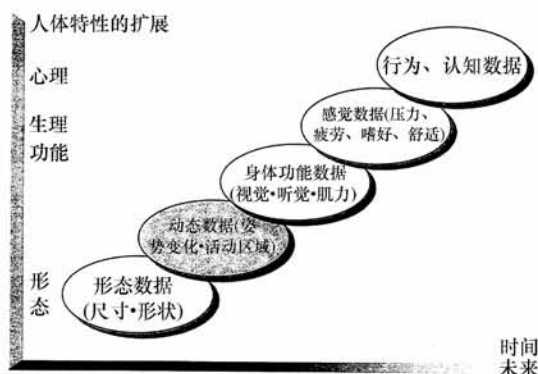


图 4-1-7 人体特性数据库的构建

〔(社) 人类生活工程研究中心提供〕

参考文献

- [1] 情報システムハンドブック編集委員会編: 情報システムハンドブック, 培風館, pp.4-227 (1989)
- [2] 新エネルギー・産業技術総合開発機構・人間生活工学研究センター編: 平成5年度調査報告書「身体機能データ・ベース構築に関する調査研究」(1994)
- [3] E.D.Megaw: The future of ergonomics databases, ERGONOMICS, Vol.33, No.4, pp.469-476 (1990)
- [4] 平沢尚毅: 製品開発を支援する人間工学情報システムの事例研究, 商学討究, Vol.45, No.1, pp.145-176 (1994)
- [5] 人間生活工学研究センター編: 人体計測データベース構築に関する事業報告書 (1994)
- [6] 山口泰幸, 外村博史: “快適”をキーワードとした技術探究車の研究開発, 自動車技術, Vol.48, No.1, pp.31-36 (1994)
- [7] M.Sivak et al.: Effects of Driver's Age on Nighttime Legibility of Highway Signs, HUMAN FACTORS, 23 (1), pp.59-64 (1981)
- [8] 長町三生編: 快適科学 人間側からみた商品づくりへ, 海文堂, p.223 (1992)
- [9] 山下樹里: 人間工学データベースの機能的特性 既存データベース管理システムからの検討, 製品科学研究所研究報告, No.124, pp.33-59 (1992)
- [10] A.Siedl: RAMSIS-A New CAD-Tool for Ergonomic Analysis of Vehicles Developed for the German Automotive Industry, SAE Tech. Pap. Ser., No.970088 (1997)



4.2 老龄化应对

对老年人口的定义有很多,本文依据WHO(世界保健机构)的定义将老年人口定义成65岁以上的人群。日本老年人口比例不断迅速增加,在2000年以后位居世界第一,预计到2010年老龄人口的比例将超过20%。平均寿命变长和少子化是社会进入老龄化的重要原因。在这些因素的影响下,势必要求今后的汽车制造从研发和生产两个方面采取新的应对。研发不仅要能满足高龄驾驶人及同乘人员的要求,还要能适应交通环境的变化,如老年行人及自行车骑行者不断增加等情况。生产要解决因年轻劳动者减少所带来的从业人员性别、年龄的结构变化。

本文将围绕社会老龄化引起的未来交通环境变化、年龄增长引起的身心功能变化及关键应对技术等今后汽车制造的共同基础进行阐述。

4.2.1 老龄化引起的交通环境变化

a. 自理能力下降的老年人增多

有的老年人仍活跃在工作岗位上,也有的老年人已变得行动不便。为了辨明各种老龄化应对的要求和费用效果,首先要预测出处于各身心状态的人口数量。

在住宅领域,会根据居住者的身体行动功能,设定出四个阶段的住宅性能目标。这里提到的四个阶段分别指健康的老年人、步行困难的老年人(需要扶墙或拄拐行走,使用拐杖的人能够安全、自由地生活)、经常使用轮椅的老年人和生活完全不能自理的老年人(衰老或严重生活不便的老年人能够生活且能够减轻看护人员劳动力)。汽车领域同样,从像年轻人一样可利用的汽车到哪怕步行困难也能独立上下车的汽车,也要分阶段思考。

老年人口通常可按照年龄分成前期老年

人口(65~74岁)和后期老年人口(75岁以后)。后期老年人口急剧增加就是今后老龄化的特征,预测到2025年,这一比例将超过老年人口总数的50%。前期老年人口和后期老年人口在身心功能上有较大差异,目前大约有10%的后期老年人口都处于卧床或痴呆等需要看护的状态。今后,随着后期老年人口的增加,需要看护的人数可能会从1990年的200万人上升到2010年390万人。

另外为了测量生活自理能力,判断心理指导效果,开发出了日常生活行为能力(Activities of Daily Living, ADL)评价标准。该评价标准由7~8个项目组成,各项目的累计结果表示能力。其中还包括能否使用公共交通设施或驾驶车辆等与行为能力有关的项目。ADL会随年龄的增长有所下降,特别是女性的下降程度更大。原因之一就是女性的移动能力下降程度大于男性。女性与移动能力有关的肌力和关节活动区域都小于男性,而且驾照持有率也低于男性,因此可推测出前期老年人口中对行动辅助的需求将不断增加。

如上所述,由于今后老年人口的构成变化可知,对老年同乘人员和行人的应对要求将进一步提高。

b. 老年驾驶人增多

根据1994年12月底的人口结构和驾照持有者结构预测,未来10年超过65岁的女性驾照持有者将会增加约4倍,超过70岁的男性驾照持有者将会增加约3倍(图4-2-1)。

原因之一就是曾在20世纪60年代正值青春期、经历汽车普及的一代,如今已经变成老年人口,驾照持有率飞速增长。其实并没有能够预测从年轻时期就与汽车亲近的老年驾驶人实际增加量的理论知识,但是日本的老年人放弃驾驶的理由主要是担心年龄、有无停车位以及驾驶机能下降等问题,或

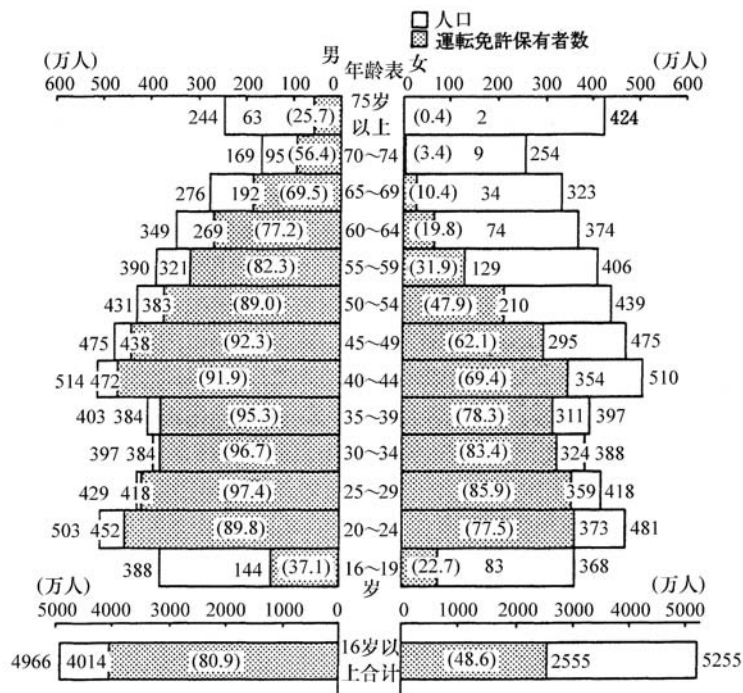


图 4-2-1 人口及驾照持有者按性别·年龄的结构（截止至 1994 年 12 月）
括号内数字表示该年龄段人口的驾照持有者比例（%）

是为了改善健康情况选择步行或其他替代交通工具，再有就是家人的反对。欧美有报告指出认知上的视功能会影响是否继续驾驶。为了预测今后的交通环境变化，找出应对措施，就要深入钻研老年人放弃驾驶的理由与客观、认知上的驾驶机能的相关性，而且还要研讨依赖汽车的老年人对替代交通手段的要求。

c. 交通事故与老年人的交通行为

(i) 老年人的交通事故实况 老年人口数量增加对交通环境的影响已经在交通事故的实况中显现。在 1994 年的交通事故死亡人数中，老年人占据 30%，是所有年龄段中占比最高的。即使按年龄段每 10 万人口换算，也是最多的。原因之一就是身体抗碰撞性随着年龄增长而下降。

按事故状态分析老年人的特征，步行或骑自行车时居多，而且乘坐汽车时的事故增加超过了驾照持有人的增加率。按照昼夜发

生情况分析，发生于步行时的事故多出现在夜晚，而骑自行车或乘坐汽车时发生的事故多出现在白天。

无论是欧美，还是日本，均存在一种自我约束的倾向，那就是或因觉察到身心功能变化减少驾驶次数，或因不放心而放弃驾驶。可想而知，之所以夜间发生的事故较少，一个原因就是老年人会控制夜间自行车或汽车的使用率。今后，还需要进一步研究老年人行为层面对身心功能的适应。

(ii) 老年人的步行特点 老年人步行时发生事故的 60% 都在过马路时，特别是在行驶车辆的前方或后方穿过马路时事故多发，而且后期老年人口的事故也较多。在实际道路环境下测量步行速度，结果是年轻人为 1.3m/s，而 60 岁以上人群的平均速度则为 1.0m/s，速度相对较慢，特别是后期老年人口和女性的步行速度更慢。

通过测量健康男子的最快步行速度可知



速度和步幅会从 60 岁开始下降。另外，老年人判断从行驶车辆的间歇穿过马路所需的时间几乎与年轻人相同，据此可推测，老年人的交通事故多与不能预测步行速度下降后穿过马路所需的时间有关。

(iii) 老年人的驾驶特点 在交叉路口事故频发且多为交汇事故或右转弯事故，这是老年人驾驶汽车时出现的事故特点。针对老年人的意识调查结果表明，老年人会对快速车流或在狭窄道路错车感到不安，对松山市内的一段普通公路的照片调查结果显示，老年人的驾驶速度比其他老人慢 10%，而且在障碍物较多的狭窄道路还经常停车。

另外，事故发生前的老年人行为特点说明老年人对其他车辆的认知与年轻人处于同一水平，但却要比年轻人还要近距离才能感觉有事故危险，因此规避风险进行制动操作要略迟一些。应用模拟驾驶人在交叉路口判断能否右转的仿真模型发现，老年人判断的对向来车速度通常比实际要慢，因此从自己驾车完成右转到对向来车抵达交叉路口的时间通常比年轻人少 1/3，危险性有所增加。

可以说老年驾驶人和老年行人同样，预计其他车辆靠近的时间和自己通过所需时间之间的差距很大。为了缩小这种差距，今后就要研讨怎样的驾驶训练更加有效。

4.2.2 老年人的身心功能

a. 身心机能随年龄增长的变化特点

当身心功能完全成熟、达到峰值以后，就会随年龄的增加而慢慢下降。不同的身心功能达到峰值的年龄也不同，图 4-2-2 将大部分身心功能都成熟了的 30 岁人群的平均值设为 100%，根据各类文献总结出了 60 岁年龄段人群的各项功能下降情况。

年龄增长带来的身心功能变化的特点之一就是各项功能的下降程度呈现较大不同。

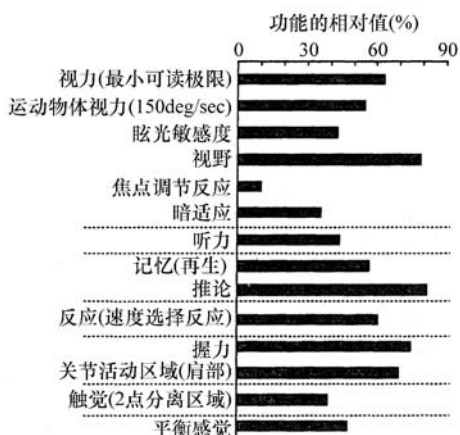


图 4-2-2 相对于 30 岁时，60 岁年龄段人群的相对功能水平（基于朝长、Benett、所敬等人撰写）

概括说来，感觉器官，尤其是视觉、听觉的下降程度较大，骨骼肌肉及运动系统相对来说下降较小。具体来看，手和脚的肌力相比，由于手的使用频率更高，支配手部的神经密度更大，下降程度就相对较小。另外，记忆的下降程度也因种类的不同而存在较大的差异。在视功能方面，对自己车辆和其他车辆的速度把握，从 20 多岁开始就呈直线下降的趋势，但是在低亮度的环境下读取显示仪表的功能则在 40 岁以前基本不会下降，要到 50 岁以后才开始下降。

因此，为了应对老年人的功能下降，不能只从量上看待独立的功能，而应该围绕某一位老年人同时测量各项功能，然后综合地从质上分析。

另一个特点是各功能的降低程度中存在较大的个人差异，年龄差异也很大。出现个人差异较大的主要原因是生理上的变化与病理上的变化容易发生混淆，不同生活方式下的身心功能下降程度也会出现较大差异。比如，认知功能可能因健康状态或服药情况发生变化，而肌肉如果不用就会出现萎缩，运动量的差异会影响肌力下降或手脚动作的灵巧性。



图 4-2-3 为根据横向和纵向比较得出的认知功能随年龄增长而发生变化的不同点。所谓的纵向比较是指将基本出生在相同年份

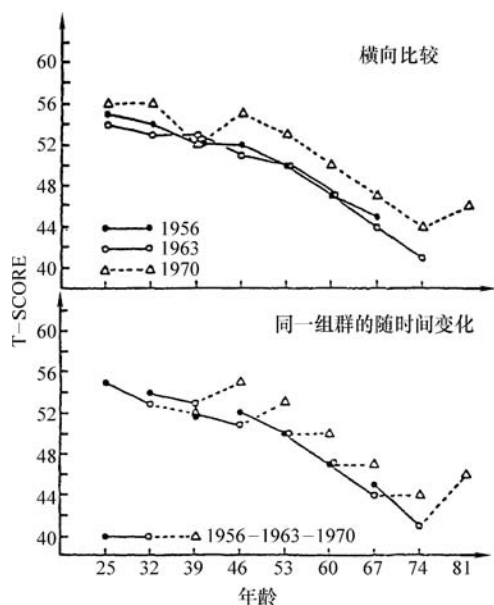


图 4-2-3 认知功能随年龄增加的变化

关于对不熟悉事物的适应能力，在横向比较上呈直线下降，但在纵向比较中却看不到呈直线下降的趋势

的对象分成一组，然后按照各小组观察认知功能随时间变化的方法。普遍认为老年人对新事物的适应能力较低，但从图 4-2-3 来看，虽然横向比较的下降程度更大，可如果在同一小组内部进行比较则下降程度相对较少。

从上述特点可知，要想明确和应对存在于老年人生活当中的身心功能问题，不能只比较年轻人与老年人的成绩，还需要能够从纵向解析各位老年人感受到的问题和身心功能变化的方法。而且在测量高龄人群的身心功能时，与全身健康状态和生活方式有关的信息非常重要。

b. 与驾驶有关的身心功能

车辆运动是由感觉、认知和运动功能高速、连续组合而成的活动。通常多半可看成是自动的活动，但是必须能够适应突然出现的意料之外的刺激。和步行有关的身心功能与车辆运动有很多相通的地方。表 4-2-1 表示的是具有代表性的与运动行为有关的身心功能。

表 4-2-1 与汽车驾驶有关的身心功能（由 Colsher、Henderson 等人撰写）

驾驶行为		视觉							认知			学习/反应能力/速度		平衡感觉
		视力	运动物体距离	眩光敏感度	有效视野	头部眼球协调运动	焦点调节反应	适应性	注意	记忆	推论			协调行为
交通情况判定	眼球迅速向注意对象返回		●	●		●			●					
	检测侧方视野的行驶车辆		●	●					●					
	通过后视镜检测超车车辆并让其超越		●	●	●				●					
	从停在路上的车辆旁边通过	●		●										
路径选择	看道路标识	●	●			●				●		●		
通过交叉路口	在交叉路口检测靠近车辆		●											
	检测靠近车辆的速度	●		●										
	前方车辆突然减速时不通过			●					●				●	●
	看信号灯做出判断	●												
	检测侧方靠近车辆并判断位置距离		●	●		●			●					



(续)

驾驶行为		视觉								认知			学习 能力	反应 速度	平衡 感觉
		视力	运动 视力 运动 视野	距离 认知	眩光 敏感度	有效 视野	眼部 协调 运动	焦点 调节 反应	适应性	注意	记忆	推论			协调 行为
内侧车道 通过	检测出行人、自行车		●	●		●	●			●					
	注意行人举动和窜出的儿童再通过		●								●			●	
倒车, U 形转弯	后方确认后再倒车		●	●		●									
速度调节	限速变化时检查车速	●						●							
停车	通过后视镜确认后方车辆			●			●								
路面判断	看路面的情况	●													
	在积雪路面或结冰路面行驶时 注意其他车辆		●	●		●									
	在视野不好的雾雨天气根据人 行道或其他车辆的车灯行驶	●	●	●		●									●
检测侧滑	检测车辆前端方向与行驶轨迹 的偏离		●												●
夜间行驶	不打开夜间行车灯在郊外行驶									●					
	突然靠近的对向来车车灯射入 眼中				●										

虽然每个运动行为与各种心身功能密切相关,但多数的运动行为都有视功能和认知功能参与,有报告指出在视野的中心部分及周边部分同时看到对象的视觉认知功能是遵循实际驾驶行为的视功能。视功能与其他身心机能相比,随年龄增加而下降的程度更大,作为老年驾驶人发生交通事故的原因而备受重视。下面将阐述与驾驶、同乘及步行有关的心身功能随着年龄的增长会出现怎样的变化。

c. 视觉

图 4-2-4 表示存在于视功能变化背后的眼部光学及生理学上因年龄增长而出现的变化结果。由于眼部光学系统(相当于照相

机光圈的瞳孔,相当于透镜的晶状体,相当于胶卷的视网膜等)、控制系统(控制眼球运动和晶状体的肌肉和神经)及进行信息处理的神经系统会伴随年龄的增长而出现变化,视网膜成像和视觉信息处理过程也会发生变化。结果会出现因空间分辨率和时间分辨率下降导致图像模糊不清,或因晶状体变黄导致短波长光难以通过,或因角膜或晶状体浑浊引起光的散射易感到晃眼(眩目)。

图 4-2-5 为眩光敏感度随年龄增长的变化。由于空间分辨率下降,60 岁年龄与 20 岁年龄相比,要想看见相同的物体则需要 2 倍以上的对比度,而在傍晚或夜间亮度条件较差的环境下,则需要更大的对比度。

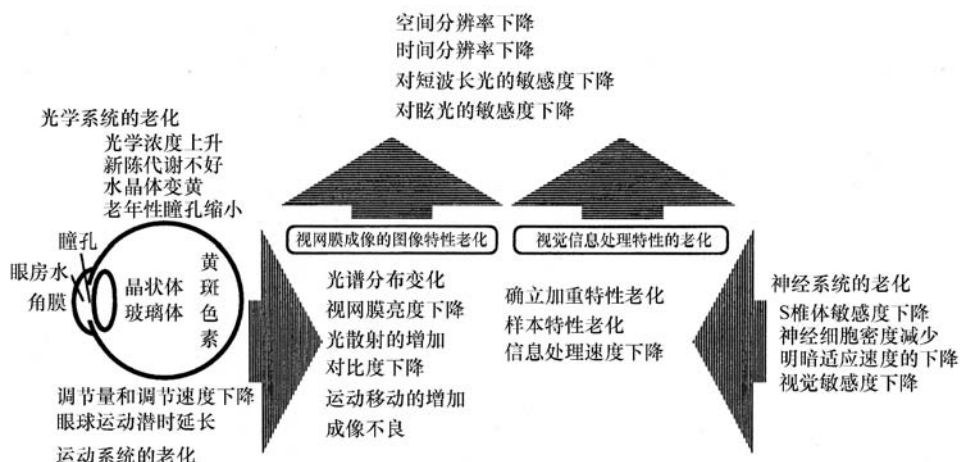


图 4-2-4 视觉随年龄增长而出现的变化

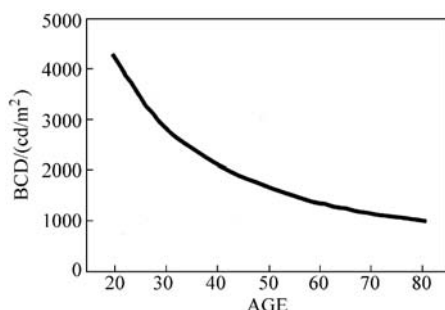


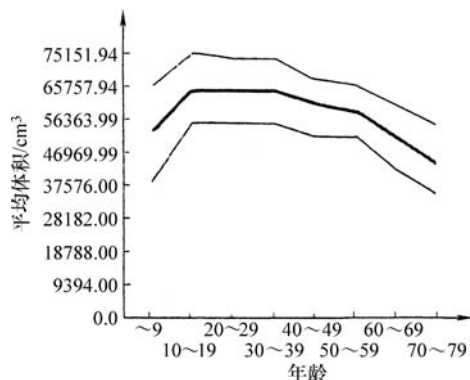
图 4-2-5 眩光敏感度随年龄增长的变化

BCD (Borderline between Comfort and Discomfort) 是指改变指标亮度, 表示参与试验人员舒服、不舒服边界的亮度。

眼睛在光学、生理上会因年龄增长而发生变化, 进而导致出现功能上的变化, 在这些变化中与驾驶密切相关的变化见表 4-2-1, 体现在视野狭窄, 眼球运动变化, 适应性下降、距离认知下降等。

所谓的视野是指视线固定的状态下能见的范围。一般可通过看见视标从周围移动时的亮度和大小的极限值敏感度分布求出并立体地表现出来。视野中心部分的敏感度从 40 岁左右开始下降。而周围部分的敏感度则从 60 岁开始出现下降, 如图 4-2-6 所示, 该年龄段的视野与 20 多岁相比, 狭窄约

60% ~ 80%。特别是上半部分的狭窄程度更大, 颜色感觉范围 (颜色视野) 也按照白色、蓝色、红色、绿色的顺序逐渐变窄。

图 4-2-6 立体视野随年龄增长的变化
立体视野表示视网膜上视觉敏感度分布

眼球运动功能对能够用敏感度较高的视网膜中心部分看见物体非常重要, 特别是出现刺激后, 迅速移动眼球的扫视功能非常重要。随着年龄的增长, 距离出现扫视的时间也会延长。

另外, 驾驶时通过转动头部从视野获取信息时, 参与该过程的头部、眼球的协调运动会随年龄的增长而变化。如图 4-2-7 所示, 扫视的速度增加, 头部运动的速度就会变小。虽然视线的速度基本与年轻人保持在



同一水平,但是遇到突然要注意反方向,需要大幅度的视线移动时,由于老年人的头部运动速度下降,推测可能会出现漏看或延迟等情况。

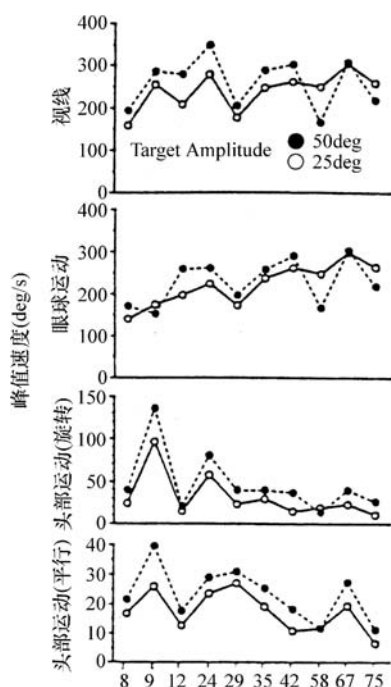


图 4-2-7 头部和眼球运动随年龄增长的变化

适应性就是眼睛敏感度适应照明变化的过程,随着年龄的增长,适应时间会变长。图 4-2-8 表示的就是不同年龄在暗适应性(从亮处进入暗处时的适应性)方面的不同。暗适应性的时间延长程度比亮适应性(从亮处进入暗处时的适应性)要长。适应功能下降的一个原因就是老年人的瞳孔即使在暗处也不会扩大,因为瞳孔直径的调节范围与年轻人相比变窄了。

距离认知功能从 40 岁左右开始下降,测量方法等内容都是今后要着手研究的课题。图 4-2-9 表示的是眼部焦点调节功能随年龄增长而出现的变化。由于老年人的调节量变小,当视线从路面转移到显示仪表视距变化较大时就难以看清。

针对上述视觉随年龄增长而出现的变

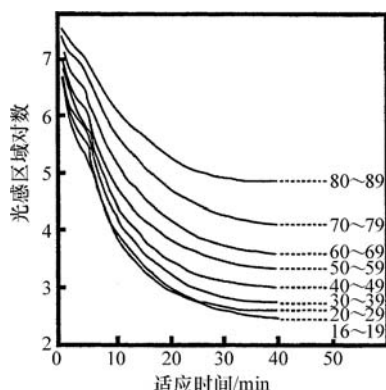


图 4-2-8 暗适应性随年龄增加的变化

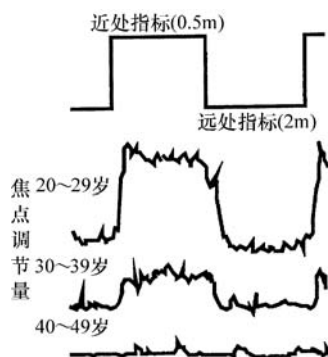


图 4-2-9 眼部焦点调节功能随年龄增长的变化

化,需要留意照明质量(有无眩目、敏感变化、光的颜色等),提高亮度,增加视觉对象的对比度,进一步应用颜色识别等让对象更加清晰明了。

d. 听觉

听觉在行驶时发挥着重要作用,例如发现突然靠近的车辆,通过发动机或轮胎噪声掌握车辆的速度及获得语音信息等。捕捉和传递声音的装置(传声器)或听取辨别声音(感声器)都会随年龄增长而变化。

而且各种听觉功能的检查结果基本一致,大约从 50 岁起听觉功能下降的幅度增大。图 4-2-10 表示的是围绕高音进行的纯声音听力检查结果。对 4kHz 以上高音的听力从 45 岁开始大幅下降,而且男性比女性的下降程度更大。

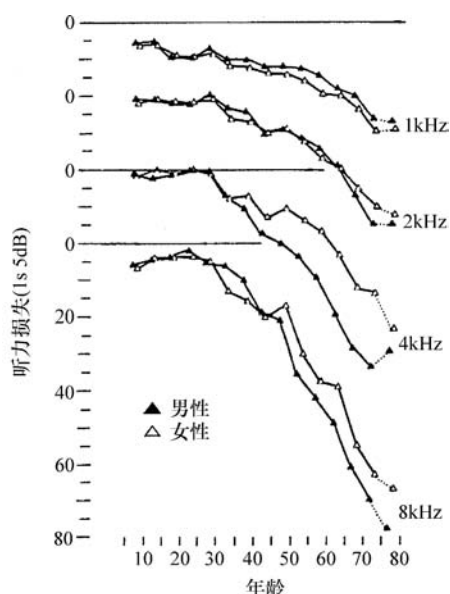


图 4-2-10 听力随年龄增加的变化

表示气道听力损失值。对于4kHz以上的声音的性别、年龄差较大

对于声音强度的辨别能力，虽然直到40岁都呈直线下降，但是过了50岁以后就急剧下降。在高于1.5kHz的高频区域声压差会作用于声音左右方向感，因此方向感推测能力会下降，但是这方面的报告较少。

上述功能变化会导致出现听不见高音或声音，或者听见声音也听不清内容，或是耳鸣太强区分不开，有人从旁边或后边搭话时听不清等现象。面对听觉随年龄而发生的变化，至少要尽量降低噪声，要用低音慢条斯理地说清楚。

e. 肌肉骨骼系统

许多老年人摔倒后容易发生骨折等严重伤害，行动能力下降是其重要原因。老年人摔倒主要是受姿势保持能力下降、控制姿势的神经系统功能下降及下肢肌力下降等因素的影响。视觉也是影响因素之一，会受到对比度和亮度的影响。使用站立姿势下的身体摇晃量作为控制姿势的神经系统功能指标，结果发现如果该指标为 $6.0\text{cd}/\text{m}^2$ ，将有助于老年人保持姿势。

众所周知，当有注视对象时有利于姿势

保持。注视时，外眼肌为稳定保持眼部位置就会处于紧张状态，而这种刺激正是为了保持平衡功能。通过上述老年人姿势保持与视觉之间的关系可知需要防止因眩光等引起的视力下降。

上下车是通过下肢支撑重量而改变身体重心高度的行为。与摔倒一样，会受到控制姿势的神经系统功能下降及下肢肌力下降的影响。将最大活动量的比例作为指标可发现，老年人从椅子上站起这一动作的下肢肌肉负担要比年轻人大，但是如果使用拐杖，那么不仅可以降低下肢负荷，还能显著减轻肌肉负担。

以年轻人（20~25岁）、70岁左右的老年人和80~89岁的老年人（均为女性）为对象，围绕开关车门及行李箱盖时的操纵力和易于操纵高度之间的关系进行了对比。图4-2-11表示的是利用10种日常生活中的推拉及旋转操纵模型测得的便于操纵的高度的许容范围结果。说明老年人特点是年龄越大，许容范围越窄，更加难以适应环境。

此外，由于关节活动区域减小，向后回头等动作均会受到限制。

f. 认知功能

和运动有关的认知功能有记忆、注意、判断和解决问题等，对于安全驾驶来说，注意至关重要。注意可分成选择、分散、持续三个过程。选择是指注意到某一刺激后又注意其他刺激的过程，分散是指同时注意多个刺激或解决多个问题的过程，持续是指在长时间驾驶后依然能够发现障碍物这种长时间保持注意的过程。

与选择性注意能力相关的检查方法有两耳听力检查（用两耳听声并回答出每只耳朵听到的声音，然后评价其正确率）。有报告指出，老年人该检查结果与事故率的相关性要大于年轻人。

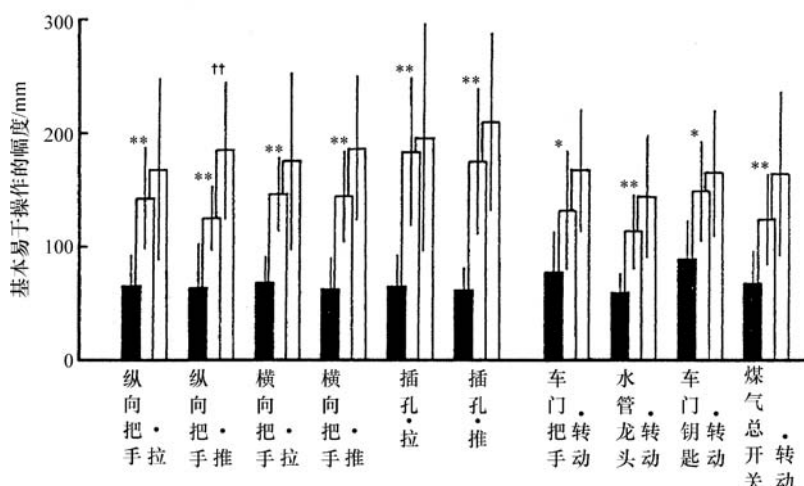


图 4-2-11 易于操纵高度的许容范围随年龄增加而出现的变化（女性）

从左至右，分别表示 80~89 岁的老年人群，60~79 岁的老年人群，20 岁人群的平均与标准方差

注意力的分散对在交叉路口或车流量较多的道路、不熟悉的道路以及恶劣天气下驾驶或驾驶时接打电话等情形来说非常重要，但是随着年龄的增长，该功能也会随之下降，特别是对待复杂问题的能力显著下降。另外，和选择性注意相比，与分散和持续有关的研究相对较少，这将成为今后的重点研究课题。

g. 反应时间

反应时间（Reaction Time, RT）是指从刺激显现到反应出现的时间，与感觉系统、中枢系统和运动系统密切相关。RT 可分为两类，一种是对单一刺激做出反应的单纯反应时间（SRT），另一种是面对多重刺激进行反应选择的时间（CRT）。老年人的 RT 将比年轻人延长，而 CRT 的差异也要大于 SRT 的差异，刺激的选择量越多，越复杂，那么与年轻人的差异也就越大。

虽然产生这种特性的原因还有待明确，但是普遍认为主要原因在于中枢的变化，因此提出了以下假设。假设神经网络的变化导致利用中枢传递信息变得困难，或者大脑中的信号和噪声的强度比（SN 比）减少，难以检测出恰当的信号。那么，根据这些假设就要通过减少选择量、降低信息处理量来应对老年人的 RT 变长，建议让标识充分保持

间隔布置，然后再相互减少噪声。

有报告指出，老年人在 RT 方面对活动的习惯性要明显超过年轻人，而且在实际生活中的结果要好于实验室内的结果，年轻人的结果基本不受生理状态的影响，而老年人则是身体状态越好结果越好，而且具有应对传统结构的反应趋势，问题越复杂该趋势越强。由此可见，以老年人为对象开展远离实际生活的试验时，可能会包含不同于年轻人的个体差异，但是为了评价符合实际生活的老年人功能，需要留意问题的恰当性并充分习惯。

4.2.3 应对老龄化的关键技术

a. 应对老龄化的注意事项

通常认为对老年人可以的，对年轻人也可以，但是这种想法也有不对的时候。如果是像操纵力或步行速度这种，从最优区域开始单方向都是安全区域或舒适区域，那么上述想法就是正确的。但是对于像最优操纵高度或最适温度的特性来说，以最优区域为中心两侧均有许容范围，因此就不一定与年轻人一致了。特别是老年人的许容范围比年轻人窄，因此需要确认与各类设计要素有关的老年人特性并采取应对。

b. 仿真技术

为了能够站在老年人的角度设计汽车或道



路, 基于老年人身体功能的仿真技术应运而生。

(i) 视觉仿真 视觉仿真用来表示在年龄增长引起视功能变化后, 老年人的视物方式会发生怎样的改变。迄今为止, 已经开发出了基于图像处理及光学滤波器的视觉仿真方法。通过这些方法所获得的图像多少都有些发黄、模糊不清, 即使是年轻人也能够理解老年人难以识别太小的文字或符号及蓝色的微妙差异。为了获取老年人都能轻松看清的图像, 建议选择修正光谱特性或者进行强化轮廓的图像处理, 又或是降低具有特点的空间频率区域。

(ii) 肌肉骨骼系统的仿真 凭借在手脚上加重锤来模拟肌力下降, 在肘关节或膝关节加护膝模拟关节的活动区域减小。另外, 还通过套薄塑料袋来模拟触觉功能下降。上述装备都是为了体会老年人切身感受问题的课题设定及包括安全措施的项目而提供的, 一直应用于改善公共设施等领域。

c. 老年驾驶人的驾驶功能评价与再训练

在美国, 开发出了新的标准和再训练项目, 它们都是基于和生活条件、视功能或运动功能有关的详细检查来判断各位老年人能否驾驶的。通过操作指导师进行再训练, 同时也能够判断需要采用怎样的装备(例如, 能够弥补反应时间延长的转向或制动, 能够弥补视野狭窄的盲点镜等)来应对各位老年人的功能下降。

d. 降低生产现场作业负担的技术

所有工艺都需要人工, 特别是整车总装工艺很大程度依赖人工。为了面对少子化带来的影响, 适合老年人及妇女的生产线搭建工作得以发展。作为其中的一环, 能够判断作业改善优先级效果的作业负担评价法及标准也不断确立。在肌肉负担评价法中, 开发出了一种叫作 TVAL (TOYOTA Verification of Assembly Line) 的方法, 能够通过最大肌力比用通用的方法评价出总装操作的多样化姿势、加载及加载方向。

另外, 将总装操作看成是一种瞬间判断零件规格、安装位置和方向的认知作业, 并确立了能够减轻精神负担的零件识别标准。为了使工艺同样适用于老年人, 还进一步设定了与肌肉负担及零部件识别有关的评价标准。有报告指出, 根据肌肉操作负担的评价, 可以列举出在降低操作负担的同时可提高生产效率的例子。今后, 盼望能够出现综合评价肌肉负荷及精神负担的方法, 降低生产线操作的紧迫感 and 单调感、赋予工作价值。

4.2.4 小结

由于大多数身心功能将从 40 岁左右开始下降, 要将老年人的行为特点看成是适应身心功能变化的方式。今后, 不仅需要在功能上应对老年人与年轻人的差异, 还需要能够应对广泛功能水平中老年人的思路及老年人特有使用方式的技术。

【吉本照子】

参考文献

- [1] 厚生省人口問題研究所: 日本の将来推計人口 (1992 年 9 月推計)
- [2] 後藤義明: 高齢者対応住宅, 照明学会誌, Vol.80, No.7, pp.459-462 (1996)
- [3] 財団法人厚生問題研究会: どう支える超高齢社会, 中央法規出版, p.178 (1994)
- [4] 古谷野亘: 地域老人における手段的 ADL, 社会老年学, No.33, pp.56-67 (1994)
- [5] G.G. Fillenbaum: Screening the elderly: A brief instrumental activities of daily living measure, Journal of the American Geriatrics Society, 33, pp.698-706 (1985)
- [6] 総務庁編: 交通安全白書平成 7 年度, p.149 (1995)
- [7] 溝端光雄: 高齢化社会における交通計画の課題と対応, 都市計画, Vol.38, No.1, pp.73-84 (1989)
- [8] 吉本照子: 神奈川県在住の A 自動車製造会社定年退職者における車の運転をやめる理由とその影響, 日本老年医学会雑誌, Vol.31, No.8, pp.621-632 (1994)
- [9] W.D.Kosnik et al.: Self-Reported Visual Problems of Older Drivers, Human Factors, Vol.32, No.5, pp.597-608 (1990)
- [10] J. H. McElhaney et al.: Handbook of Human Tolerance, p.73 (1976)
- [11] 総務庁編: 交通安全白書平成 7 年版, pp.11-20 (1995)
- [12] 林玉子ほか: 老人の歩行特性に関する研究, 老人のトランスポートシステムの基礎的研究編, 東京都総務局報告書 (1981)
- [13] 伊東元ほか: 健康男子の最大速度歩行時における歩行周期の加齢変化, 日本老年医学会雑誌, Vol.26, No.4, pp.347-351 (1989)
- [14] 浅井正昭: 高齢者ドライバーの心身機能と運転実態, 自動車工業, Vol.24, No.24, pp.11-21 (1990)
- [15] 上野裕史ほか: 右折行動に関する運転行動分析, 自動車技術, Vol.46, No.9, pp.41-45 (1992)
- [16] L.G.Hiatt: Shaping a Life-style of Independence. Abilities, Aging, and Environmental Design, Journal of the American Podiatric Medical Association, Vol.82, No.5, pp.272-277



- (1992)
- [17] 朝長正徳：筋骨格系および運動系，老化指標データブック（太田邦夫編），朝倉書店，pp.158-159，p.318（1988）
 - [18] D.W.Kline et al.：Vision, Aging, and Driving：The Problems of Older Driving, J. Gerontology Psychological Sciences, Vol.47, No.1, pp.27-34（1992）
 - [19] P.L.Colsher et al.：Geriatric Assessment and Driver Functioning, Clinics in Geriatric Medicine, Vol.9, No.2, pp.365-375（1993）
 - [20] R.L.Henderson et al.：The Role of Vision and Audition in Truck and Bus Driving, PB-230776（1973）
 - [21] C.Owsley et al.：Assessing Visual Function in The Older Driver, Clinics in Geriatric Medicine, Vol.9, No.2, pp.389-401（1993）
 - [22] G.L.Odenheimer：Dementia and The Older Driver, Clinics in Geriatric Medicine, Vol.9, No.2, pp.349-364（1993）
 - [23] 舟川政美：高齢者の視覚とそのシミュレーション，日産技報，No.33，pp.72-78（1993）
 - [24] C.A.Benett：The demographic variables of discomfort glare, Light Des. & App., Vol. 7, No.1, pp.22-24（1977）
 - [25] M.E.Sloan et al.：Aging, senile miosis, and spatial contrast sensitivity at low luminance. Vision Research, Vol. 28, p.1285（1988）
 - [26] 鈴木弘隆ほか：老人の視野と色覚，眼科 MOOK，29，金原出版，pp.25-35（1986）
 - [27] 所敬ほか：現代の眼科学改訂第5版，金原出版，p.42（1993）
 - [28] J.W.Spooner et al.：Effect of aging on eye tracking, Archives of Neurology, Vol. 37, pp.575-576（1980）
 - [29] 山田光徳：頭部・眼球運動協調運動の年齢による変化の分析，第8回ヒューマンインタフェースシンポジウム論文集，pp.495-502（1992）
 - [30] R.A. McFarland et al.：Dark Adaptation as a function of age, I.A.Statistical Analysis, Journal of Gerontology, Vol.15, pp.149-154（1960）
 - [31] 福田忠彦ほか：高齢者の視覚特性，NHK 技研 R&D，1988 年 5 月号，pp.48-55（1988）
 - [32] 奥村明春：聴覚の加齢変化に関する研究，和歌山医学，Vol.37, No.1, pp.33-39（1986）
 - [33] 西前忠英：音の強さの加齢変化について，近畿大学医学雑誌，Vol.11, No.3, pp.327-339（1986）
 - [34] 小室豊充：老人の健康と心理，中央法規出版，pp.20-22（1993）
 - [35] J.S.Tobis：Visual Perception Dominance of Fallers Among Community-dwelling Older Adults, J.American Geriatric Society, Vol.33, No.5, pp.330-333（1985）
 - [36] S.R.Lord et al.：Physiological Factors Associated with Falls in an Elderly Population, J.American Geriatric Society, Vol.39, No.12, pp.1194-1200（1991）
 - [37] 河合学ほか：立位姿勢における身体動揺と環境照度，姿勢研究，Vol.9, No.1, pp.25-32（1989）
 - [38] 岩倉博光ほか：腰かけ動作としゃがみ動作—老年人および若年者における筋活動と姿勢調節—，姿勢研究，Vol.5, No.2, pp.69-77（1985）
 - [39] 徳田哲男ほか：押しおよび回転操作機器の操作高と操作力に関する年代的特徴 80 歳代の高齢者について，人間工学，Vol.28, No.4, pp.219-222（1992）
 - [40] R.Parasuraman et al.：Attention and driving, Clinics in Geriatric Medicine, Vol. 9, No.2, pp.377-387（1993）
 - [41] J.Cella：Aging and information-processing rate. In：Handbook of the Psychology of Aging, 3rd ed. (J.E.Birren et al. eds.), Academic Press, p.201（1990）
 - [42] G.E.Stelmach et al.：Cognitive-Motor Abilities of the Elderly Driver, Human Factors, Vol.34, No.1, pp.53-65（1992）
 - [43] R.A.Marottoli et al.：Psychomotor Mobility and The Elderly Driver, Clinics in Geriatric Medicine, Vol.9, No.2, pp.403-411（1993）
 - [44] W.W.Spiriduso et al.：Motor performance and aging. In：Handbook of the Psychology of Aging, 3rd ed. (J.E.Birren et al. eds.), Academic Press, p.183（1990）
 - [45] A.M.Baylor et al.：Systematic aerobic exercise and components of reaction time in older women. J.Gerontology, Vol.43, p.121（1988）
 - [46] 徳田哲男：環境支援技術に要求される高齢者の身体機能特性，日本ロボット学会誌，Vol.11, No.5, pp.622-627（1993）
 - [47] 樋口和則ほか：高齢者の視覚特性を考慮した表示方式，自動車技術会学術講演会前編集 962（1996）
 - [48] M.E.Schneck et al.：A filter for simulating color and spatial vision of the elderly. Colour Vision Deficiencies XI, Kluwer Academic Publishers, pp.357-364（1993）
 - [49] 砺波あきほか：交通標識の見え方，照明学会誌，Vol.78, No.6, pp.299-301（1994）
 - [50] 舟川政美：空間解像，光と人間の生活ハンドブック（佐藤愛子ほか編），朝倉書店，pp.218-220（1995）
 - [51] たとえば（財）日本ウェルエージング協会によるプログラム‘インスタントシニア’
 - [52] L.A.Hunt：Evaluation and Retraining Programs for Older Drivers, Clinics in Geriatric Medicine, Vol.9, No.2, pp.439-448（1993）
 - [53] 柴田史典ほか：組立作業負担の定量評価法（TVAl）の開発，TOYOTA Technical Review, Vol.43, No.1, pp.84-89（1993）
 - [54] 橋本修ほか：人間工学的解析による最適組立部品識別の紹介，日産技報，No.39，pp.45-52（1996）
 - [55] 西端均：自動車生産ラインの難作業改善の取り組み，プラントエンジニア，No.3，pp.89-93（1996）
 - [56] T.Katsumata et al.：Passenger Car-Assembly-Line System Uniting Low Work-load and High Productivity, FISITA'94 Technical Paper 945197, The Integration of Design and Manufacture, pp.125-134（1994）

4.3 信息人机界面技术

4.3.1 汽车的信息化

直到不久以前，汽车的信息系统还是比较简单的结构。主要以一系列处理为中心，具体是指汽车按照转向盘、节气门和制动系统等输入装置的命令进行处理，然后再通过车速表、转速表等显示系统显示出处理结果。但是，这种信息人机界面也存在问题，还不明确应该在车速表、油表、发动机温度等显示系统中，显示怎样的信息才能够更加准确、快速地将信息传递给驾驶人，因此在



显示系统中尝试采用数字化显示。

与驾驶没有直接关系的信息系统有空调系统等。它在结构上,基本与驾驶系统相同,具有手柄式开关、旋转式开关等操作系统,内部还有根据操作系统命令运行的结构,最终以风量或温度的形式将结果反馈到人的感觉中。综上可知,即使在传统的汽车当中,也存在多个信息循环操作,驾驶人保持最优的驾驶状态或驾驶环境,对这些系统采取相应的操作。

随着汽车信息处理的高度发展,车载电话及汽车导航应运而生。展望不久的将来,汽车将以一个移动信息站的形式呈现在公众面前。该形式下的信息化将以利用电脑和通信仪器为中心,得以进一步发展。基于该形式的汽车信息化过程就如同受笔和纸支配的传统办公模式,通过引进电脑及互联网进一步朝向信息化发展。

办公模式的信息化因为引进电脑和互联网,方方面面都发生了许多变化。在遍布互联网的办公室,票据处理可在瞬间进行,工作报告也可通过电子邮件同时发送到多人。但是,在这种电子化的办公室为提高工作效率做出巨大贡献的同时,也引发了各种各样的问题。比如,存在诸如不熟悉键盘操作的用户该怎样做,如何在图中简单易懂地表示信息,如何提高操作流程的效率等诸多问题。当现有问题还未全部解决时,总会又出现新的问题,但是随着 HCI (Human Computer Interaction) 研究领域的发展,这些问题正在逐步得到解决。

对于汽车的信息化过程来说,如果将办公信息化的过程看作一个先例的话,那么开发出来的 HCI 技术则同样适用于汽车,可以说 HCI 适合用于解决各种问题。本节将遵循此观点,概述为办公信息化做出贡献的人机界面技术,并围绕应以怎样的形式用在汽车的信息人机界面来考虑各项问题。

4.3.2 什么是人机界面

a. 人与工具

如果放宽范围考虑人机界面的问题,那么可以将它看作工具 (artifact) 与人之间的关系问题。关于这里提到的工具,可列举出诸如计算机、汽车等可见的加工物品,同时还包括保险系统、公司组织等非可见的存在。进一步解释,假如用遗落在路边的短棍当作拐杖,那么虽然短棍原本属于自然物,但因融入了人类意图,此时就变成了工具。

界面 (interface) 一词原本翻译成表面或接合面,意思是不同物体连接在一起的面,但是工具和人类界面却拥有比单纯的面更加广阔的内涵,应该将它考虑成一个范畴。在这一范畴,人通过相对于工具的某种联系引起它的变化,这种变化会再以某种形式反馈给人,接收到反馈信息的人会进一步重新拥有对于工具的关联。工具与人的相互作用 (interaction) 就这样交替地进行着,这也是人们对于界面的广泛认知,人机界面和上文的 HCI 几乎具有相同的含义。

必须要注意的是,人与工具的关系仅靠这些是无法闭环的。如图 4-3-1 所示,这是因为除了要考虑道具和机械这类工具和人的连接界面 (第一连接面),还要考虑以这些道具和机械为对象的物理世界中的关联性界面 (第二连接面)。从汽车的角度来说,虽然驾驶人直接操纵的是转向盘和加速踏板,但是该界面的操纵结果却是控制汽车轮胎或发动机,决定车辆的运动量和运动方向。人机界面的问题需要整体把握,汽车驾驶的难易程度也绝不仅是转向盘轻重,而是看车辆的方向控制能否随人所愿。在这种意义下,就需要尽量缩短图中的第一连接面和第二连接面这两个界面之间的距离,并且最好能够直接对应。

人与工具及与会对它造成影响的物理世界之间的相互作用如图 4-3-2 所示,随着历

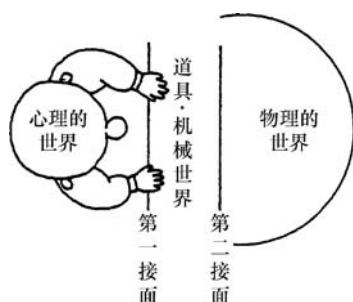


图 4-3-1 用户与工具·机械和对象

史发展不断变化至今。首先在原始阶段，利用物体或动物等自然物与对象关联起来，而这些自然物马上就会以道具或机械的形式发展进化。可是无论是道具还是机械，其界面结构基本相同，可以说要确认人的行为给对象带来的影响相对比较容易。传统的汽车信息系统的存在方式也可以定位在这当中。汽车操纵基本都属于人的操纵，通过转向盘、加速踏板等媒介传递到发动机或轮胎，其结果就是决定车辆运动，而驾驶人操纵转向盘或加速踏板时能轻松地识别出车辆的移动方向和移动速度，然后再恰当地反馈给操纵系统。

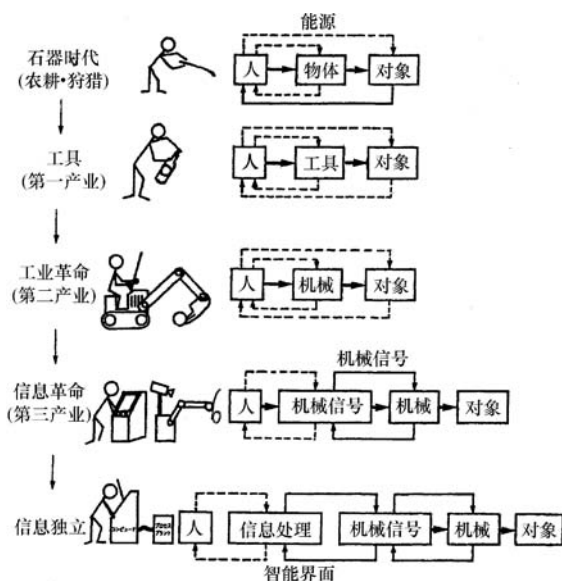


图 4-3-2 工具、机械的发展 [对 Rasmussen (1986) 和樋渡 (1985) 进行一部分修改制作]

但是这种单纯的结构在引进计算机信息处理后，发生了巨大变化。比如，人不直接操纵打印机，而是通过计算机这一信息处理系统向打印机发出打印命令。对打印机的直接命令由计算机发出，最终得到的物理对象就是印有文字的纸张。该形式的操纵与以往使用打字机的操纵在本质上截然不同。使用打字机时，人要以敲文字按键的形式直接操纵打字机本身。但是在计算机中这种操纵会变成以信息处理过程为媒介的间接性操纵。输入的原文数据可保存到计算机中，能够进行编辑或保存，使得用户能够从使用打字机修改困难或重新输入费时费力的困境当中解放出来。

但是这也会带来许多操纵上的问题，比如该怎样连接打印机和计算机，该怎样设定才能将打印机驱动软件恰当地装在到电脑上，发出怎样的命令才能从打印机中得到输出，应该进行怎样的编辑处理或页面设置才能得到理想的打印结果等。这些问题不仅会增加人与对象之间的距离，同时还会因操纵困难使用户使用机器变得困难。

汽车领域也在逐渐向类似的情况发展。首先，在驾驶系统中采用燃料自动喷射或电动助力转向等形式，以信息处理系统隐藏的方式对人的操纵进行辅助。但是这些变化基本都是向单纯增加人类操作的方向发展，并不会扩大人与对象之间的距离。问题在于因汽车引进新的系统或大部分采用基于信息处理的系统后，会导致驾驶人精神负荷增大。以音响为例，从前只有录音机磁带，但是后来则变成了 CD、MD。这些变化虽然带来了提高音质和容易选曲等优点，但是由于选项增加，也会导致驾驶人操纵机器时的精神负担变大。

另外，这些机器中都内置微型计算机，能够提供各种各样的功能，但也同样引发了各种操作复杂的问题。有时候对不精通高科技装置的驾驶人来说，本想利用好不容易搭

载的设备享受音乐时光，没想到反而变得更加困难。还有车载电话及汽车导航的引进，虽然具有扩大驾驶人知识面、改变汽车环境的积极意义，但还是会因为内置微型计算机而增加操纵难度。

汽车领域凭借增加驾驶系统的信息处理及全新的信息处理系统两个方面实现了改变，但是，特别是后者将会引发今后无法解决的问题。如果前者以下一代驾驶系统的形式进一步积极地导入信息处理，那么一旦驾驶操纵反馈信息的提供方式不合适，就会出现意料之外的、无法按照驾驶人意图驾驶的情况。

信息处理的发展正如图 4-3-2 的信息独立情况一样，可能会产生多级信息处理系统。也就是说，由于信息处理本身难懂、繁杂，因此为减轻操纵负担，就要再设置一级信息处理。即使能够想到汽车信息系统发展的最终姿态，但是从界面操纵最终会引发对象领域变化的观点出发，在导入能进行智能处理的界面时，还是要常常思考如何才能恰当地提供反馈。

b. 人类的界面行为

人类与信息处理系统相互作用时，会出现如图 4-3-3 的信息过程。可以用两种方式

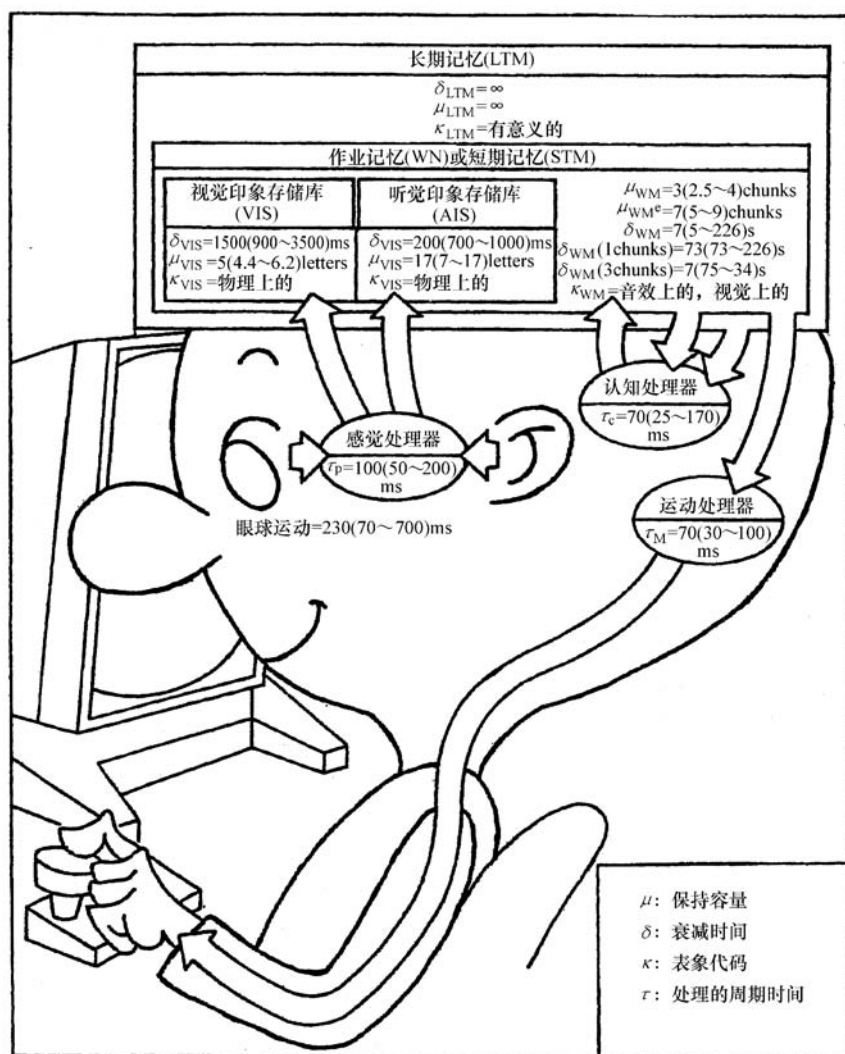


图 4-3-3 Card 等的信息处理模型



对该图进行说明。一种是人作为主动行为者，而另一种则是人作为被动行为者。前者是指将人的行为看作是达成目标的行为。这时人的行为就是先设定目标，然后将目标具体化，再对工具施加运动行为，当获得某种结果后，对其进行识别并解释，再确认是否达成目标。而后者则是将人的行为看成是解决问题的行为。换句话说，就是监视工具的状态，一旦发生问题，就尝试解决问题，有时是条件反射，有时则是利用自身所具备的知识。直到了解到问题已得以解决后，一系列的操作系统方可结束。

汽车驾驶也有两个方面。首先，开始驾驶动作本身就是一种达成目标的行为。驾驶人为了实现外出或购物等目标，会开始驾驶汽车。而且还会在过程中设定出许多下级目标以实现总体目标。换句话说，就是指在哪里的交叉路口右转，在哪个入口进入高速。另外汽车驾驶中还存在一个侧面，就是它也是解决问题的行为。最显著的就是在高速公路上的匀速驾驶状态。行驶在距目的地有较长距离的路程中，目标本身不会发生太大变化。但是在驾驶过程中一旦有其他车辆突然插到前方，或者发现前方存在较慢车辆时，那么人实施行为的契机就是以外部施加问题的形式而出现的。此外车载电话也存在两个方面，当在驾驶过程中是自己想给熟人打电话，这就属于达成目标的行为；当别人打来电话时，就变成了解决问题的行为。

图 4-3-3 中的信息处理过程同时符合这两种情况，但是无论哪一个，作为信息处理系统，首先在信息的入口处都存在信息的输入装置，即眼睛和耳朵。其次，还有子系统，即处理所获得信息的感觉处理器。然后，信息会根据视觉或听觉的属性状态送往视觉印象存储库或听觉印象存储库等缓冲存储器中。从这里开始，信息就被去除感觉属性，作为一条代码发送到后续的作业记忆或短期记忆中。在这里将通过认知处理器对信

息进行各种各样的加工，并从长期记忆中进行相关信息的检索。处理完毕，再发送至运动处理器，让手或口采取行动。

达成目标行为的出发点就是存在于认知处理器中的目标，解决问题行为的出发点就是眼睛或耳朵对外界状况的感知，但无论是哪种情况，都是经过一圈内部子系统处理，然后通过对象世界，再将信息反馈给人的反复周期性的处理过程。

4.3.3 界面的可用性

人与工具具有各种功能的界面。这里的功能是指通过工具向对象进行的处理种类，可用性就是决定这些界面好坏的概念之一。Nielsen（1993）将可用性定位为装置系统可接受的概念。图 4-3-4 是笔者在他的图上修改而成的，但装置系统的可接受性分为社会性方面的可接受性和实用性方面的可接受性。前者是指为了汽车能被接受，前提是道路完备，而后者是指汽车可使用，驾驶人必须具备驾驶技能。在实用性方面的可接受性包括有用性、成本、互换性、可靠性、安全性及安全性等。其中有用性可以理解成为广义的物品是否好用，由有用和可用两个概念组成。

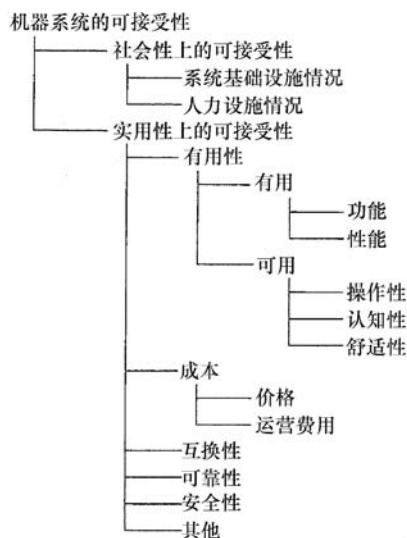


图 4-3-4 装置系统的可接受性结构
[基于 Nielsen（1993）修改完成]



有用是代表物品是否好用的加分项，而可用则是指消除物品是否好用的减分项。也就是说，有用是指要具备各种功能，具有全新的功能，性能要高等，一般由商品特点构成。通常杂志里的产品对比或广告内容都是指有用这一方面。与之相对，可用性是指在操纵性或处理上，认知性或易懂上，舒适性或愉悦度等方面没有问题。与有用性相比，这些方面略显不足，特别是购买产品时不引人瞩目。但是一旦购买了以后，因为伴随每天的使用，就会变成非常重要的存在，有时具有非常好的有用性的产品也会因问题残留而最终遭到搁置。

操纵性是指在人的身体、生理等方面没有问题，通常根据人机工程的观点进行研讨。围绕汽车来说，就是驾驶席要适合人体尺寸与形状，重要的基本操纵部分要布置在手从驾驶席能够轻松够到的地方，长时间驾驶也不易疲劳等。而且对于熟练的驾驶人来说，能够按照个人喜好定制各种功能，能够高效进行驾驶操作并且车辆响应良好非常重要。特别是对于汽车导航等信息装备来说，这种定制功能和操纵效率非常关键。更进一步来说，在错误方面，即使想做的事情是正确的，也可能在操纵阶段发生错误，也就是说要像防止打滑一样给予恰当地考量。

认知性是指在人的感觉或与认知功能的适应性方面没有问题，通常从认知功能的观点进行研讨。从仪表显示、导航装置或音响设备等与整车状态有关的显示系统来说，最关键的首先是通过正确显示尽量少的设定模式，再确认原型界面（能够从显示的候补选项中做出恰当选择）而非再生型界面（在无任何提示下，想不到则不可利用）等要素使得信息能更加容易地显示出来。再者，一贯性也是一项重要特征，如果汽车或车载信息装置的操纵因制造商的不同而不同，那么不仅不方便，甚至会在某些情况下发生危险。特别是认知上的错误，换句话

说，就是不能正确理解提示信息或不能恰当地预知下一步操纵。这些是与汽车安全性密切相关的问题，因此必须要充分考虑。

舒适性就是围绕人的情绪或动机形成做出恰当的关怀，与感性工程具有很深的联系。例如在错误方面，首先要基于人会犯错误的认识展开设计，在驾驶方面要以将错误防患于未然的原则采取应对，而在车载信息装置的操纵方面则要以对错误宽大处理的原则进行处理。另外，造型上的美感也是非常重要的角度，因为这是长时间的驾乘空间。

可用性包含许多不同侧面，可以说方方面面都没有问题才是能够制造出长期备受青睐的汽车的必要条件。用户在购买汽车时，往往会被显而易见的可用性吸引眼球，而且销售也更容易强调这些地方，如果将汽车看作是会长远使用近 10 年的一个驾乘空间，那么就需要充分考虑其可用性，努力向市场输送完成度较高的产品。

4.3.4 可用性的评价技术

为了调查产品可用性中是否存在问题，在可用性工程（usability engineering）的领域开发并提出了各种各样的评价方法。虽然这些方法主要源自信息装置的开发，但是也能充分利用到汽车或与之相关的装置上。希望通过举一反三地利用这些方法，能够贯穿始终地从上游工艺到中游工艺，再到下游工艺，尽可能提前发现存在于产品内的问题并解决问题。

表 4-3-1 为可用性分析与评价方法的种类。首先，就是实际用户调查法，这类方法大体可分为日常情况下使用的方法和人工的非日常情况下使用的方法。

日常情况下会用到的有行为观察、问卷以及日志工具。行为观察是在人文学、社会学和临床心理学等领域使用的主要方法，从汽车的角度来说，就是与驾驶人同乘一辆车，然后观察驾驶人在驾驶过程中的行为，

有时还会围绕驾驶操纵及车载信息装置的操纵进行询问。利用摄影器材记录下驾驶人的行为和说话内容对行为确认非常奏效。还有一种方法是在停车状态，采用接近面试的形式询问应该怎样利用汽车的附属装置或仪器。

表 4-3-1 可用性分析与评价方法

1. 用户调查法
1.1 日常情况下的方法
(1) 行为观察
(2) 问卷调查
(3) 日志工具
1.2 非日常情况下的方法
(1) 焦点小组
(2) 用户测试
(3) 心理学与生理学试验
2. 非用户调查法
(1) 检查法
(2) 任务分析

问卷一般与调查问卷相同，例如通过邮寄法总结并获得大量数据，然后通过对这些数据进行分析，就能够围绕问题点进行笼统的分析。另外，日志工具就是指事先在硬件或软件的对象装置上安装数据记录装置，获取用户的操作记录。这种方法对分析诸如导航等车载信息装置的使用操纵过程非常有效，但是如果缺少合适的解析程序，就会淹没在海量数据中。

非日常情况的方法包括小组座谈（又称焦点小组访谈）、用户测试以及心理或生理学试验等。小组座谈是常用的市场营销的方法之一，该方法要在会议室这种非日常的空间采集数据，在汽车领域使用的相对较多。用户测试（user testing）是将试验人员带到试验室，让其操纵对象装置，然后用摄影器材或隔着半透明反射镜观察并找出操纵上的问题，测量操作时间，调查手动操纵的使用情况。

为了掌握用户在错误操纵时的思考过

程，通常使用有声思维法（think aloud method）。这种方法就是让用户尽量大声地重新说出出现在脑海当中的内容，然后通过分析说话内容来预测用户是怎样错误理解对象装置的。但是故意让人自言自语属于不自然的情况，因此需要组合有经验者和无经验者一同接受试验。常用的方法有由无经验者自由向有经验者提问，然后根据问题内容分析用户的思考过程，还有一种方法就是让有经验者和无经验者一起操纵对象装置，在自然状态下获取相互讨论时的谈话内容。

该方法在车载信息装置方面与计算机软件等一样，大多在用户试验室中进行，从更加接近实际利用场景来说，可以将汽车室内比作试验室，将对象装置和用于记录的摄影器材放置其中，然后再进行用户测试。虽然迄今为止关于这种形式的问题分析事例还比较少见，但是可以围绕该方法展开更加积极的尝试。

虽然心理学等试验方法很详细地限定了所能调查的范围，但是由于能够得到量化的数据，经过统计学检定能够求出明确的结论，因此经常用于辨明黑白，例如在功能实现的问题当中，因提出多个规格方案导致难以得出结论的时候，就可以用这种方法。

非用户调查法是指评价责任人通过理论研讨的方式来分析问题、预测性能的方法。由于不使用真实用户，可能会存在无法获取真正原始行为或言论的可能性，但是反过来却具有能够有效评价的优势，只要有规格，那么不需要实物或试制品也能够评价。检查法（inspection method）是指评价人员重新将与界面设计有关的指导目标或检查清单植入脑海，再利用它们去发现装置问题的方法。虽然建议了各种方法，但是启发式评估（heuristic evaluation）方法因其发现问题的效率高而被广泛熟知。另外，改良而成的SHEM（structured heuristic evaluation method）发现问题的效率更高。目前在美国，



以启发式评估为代表的检查法几乎与用户测试同样的频繁使用。这些方法原本是用于评价信息装置而开发出来的，指导目标和检查清单的项目会偏向装置特性。因此，在评价车载信息装置时几乎原封不动地就能够适用，但是当应用在汽车驾驶操作的领域时则需要重新审视指导目标的项目。

无论哪种情况，从用户测试开始直到测试结束都需要一个月以上的时间，而检查法则最快能够在一天之内就发现问题。从这个意义上来看，开发汽车或相关装置时，可以更加积极地将检查法应用到只有任务书的开发初期或中期阶段。当然，进入开发后期，试制品等能够实际使用后，就不会再出现越过用户测试得出的原始行为寻找问题的情况。

检查法是一种发现问题的方法，与之相对，在同为非用户调查法中，还有一种方法就是任务分析。任务分析即分析任务结构，评价规格的一致性，通过预测操作时间进行性能评价。特别是在性能评价方面，它的特点是能够实际地利用没有装置的上游工艺评价操作效率，可适用于众多情况。下一节将围绕任务分析法这一评价方法详细说明如何根据任务分析进行性能预测。

4.3.5 操纵性能的预测模型

a. KLM (Keystroke Level Model)

当用户操纵装置时，简化操纵的烦琐程度自不必说，如果能减少思考步骤，那么操纵时间就会变短，操纵性能就会变好。KLM 就是基于这种观点，试着将操纵烦琐程度和用户认知负荷换算成操纵所需时间再进行评价的一种预测模型。这是由 Xerox 的 Card 等人开发出的方法，就是在熟练用户不会犯错的条件下，预测能够多快地完成所规定的操纵。

具体要准备如表 4.3.2 所示的操纵。该模型原本是为了评价诸如编辑器类的计算机软件的操纵性而开发的，操纵内容主要有用

鼠标指向屏幕内对象的 P 和用鼠标画直线的 D 等。K 操纵是指敲打键盘、点击鼠标的的时间，通常使用 0.2s。H 是指手在键盘和鼠标之间移动的时间。M 是指精神准备时间，也就是在脑海中确认接下来要做的操纵以及装置显示某种处理结果时，对其确认所需的时间。

从使用方法来看，首先要准备若干对标课题，如果是编辑器的话，那么就要准备文字列移动操纵或文字列检索等操纵。然后要根据评价对象装置的规格，将这些操纵分解成若干具体步骤。分解出来的步骤可置换成前面的操纵，全部置换完毕后，再计算各个操纵出现的频率，再乘以表 4-3-2 中的时间，合计的结果就是对操纵所需时间的预测值。

表 4-3-2 KLM 的操纵

操作	说明	时间/s
K	敲击键盘或鼠标按键等按钮所需的时间	
	- 转换键与控制键的按键相同 - 因打字水平不同时间也不同	
	最高水平打字员	0.08
	高水平打字员	0.12
	平均水平打字员	0.20
	随机文字的打字输入	0.50
	不熟悉键盘的人	1.20
P	用鼠标指向画面上目标所需的时间 - 根据 Fitz 法则预测平均值为 0.8 ~ 1.5s - 不包括操作按钮的时间	1.10
H	手移动到键盘或各种装置的时间	0.40
$D(n_D, l_D)$	在全长为 l_D 线段上只画出 n_D 部分所需的时间	$0.90n_D + 0.16l_D$
M	精神上的准备时间 - 根据实验数据预测平均值 - 关于在操作步骤中，应该在某一位置加入 M，另行设定了规则。据此，首先在所有的 K 和 P 前都加入 M，再根据可预期的 M 等例外规定除掉可去掉的 M	1.35
$R(t)$	系统的响应时间	t



综上所述,该模型是以预测和计算机有关的操纵为前提,因此在用于预测与汽车有关的装置操纵性时,会出现难以原封不动使用的情况。例如,若不设置与操纵杆或刻度盘旋转有关的操纵,那么也就无法设定操作时间。但是只要增加这些汽车环境中的固有参数,能利用这套思路的地方还不少。

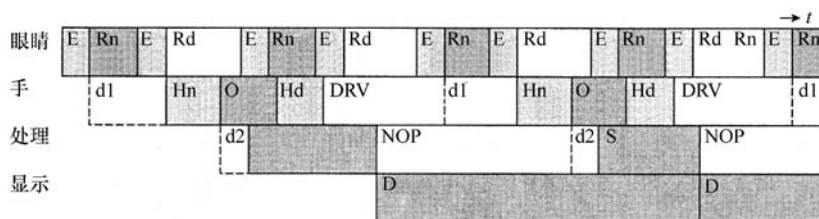
b. DTM (Dual Task Model)

KLM 是简单的记述模型,正是这种简单成就了其预测精度相对较高的优点。该模型基本上将机器的操纵读取为线性,因此它不适合预测综合性操纵的操纵性能,如一边驾驶汽车,一边操纵车载信息装置。而且从与汽车有关的装置来说,它仅限于单个使用的情况,如预测停车时的装置操纵等。

但是导航和车载电话等装置均要在驾驶

的同时进行操纵,关于这些装置的操纵性能也需要评价。因此笔者利用 DTM 模型对该情况下的操纵时间进行了预测。

图 4-3-5 表示的是基本思路。当驾驶人用眼睛确认道路前方等与驾驶有关的情况 (Rd) 时,就会分时地在进行两项操作,即操纵装置时的确认和对显示部分的确认 (Rn)。期间会有视线移动 (E)。当驾驶人开始操纵装置时,从视线捕捉到装置开始,手就会在规定时间 ($d1$) 以后开始行动,再经过规定的移动时间 (Hn) 可抵达装置。抵达装置后进行装置操纵 (O),从操纵开始的规定时间 ($d2$) 以后装置就开始处理。装置的处理时间 (S) 因处理内容的不同而不同,一旦处理完毕就会将结果显示到显示屏上 (D)。驾驶人会在这期间将视线不断地在驾驶和装置之间来回移动,等待结果显



注释: □ 驾驶相关、□ 移动相关、■ 导航相关操作
NOP表示无相关处理,DRV表示驾驶操作

动作种类		符号	所需时间	备 注	
手的动作	手的移动	去	Hn	$0.019d$	d 是距离: cm
		回	Hn	$0.016d$	
	画面操作		O	0.6	
眼的动作	视线移动		E	0.3	
	注视	画面	Rn	0.5	行驶中, 停车中
				1.1	驻车中
	前方	Rd	0.8	行驶中, 停车中	
			不需要	驻车中	
		处理(系统应用)		S	0.1~几分钟
显示		D	任意	到下一次处理结束	
时间差	Rn和Hm	d1	0.8		
	O和S	d2	0.3	在O的正中间结束操作	

图 4-3-5 DTM 的基本构成 (初级者、行驶中、停车中)



示到显示屏上。当处理结果显示在显示屏以后,再通过首次装置确认(Rn)获取信息,到此一个操纵循环结束。而实际情况中一次循环就能完成操纵的情况较少,通常要经过2~3次的操纵循环才能完成所规定的操纵。

为了确认用户操纵的基本结构,该模型可以先用视频记录下用户的操纵,再进行解析。另外,为了确定单位动作的时间,可以通过视频的低速摄影测量出各操纵时间,再算出平均值。从完成模型再到利用模型预测操纵时间这一系列操作大约需要3人/月的工时,但该预测值与后来通过实机测得的测量值具有高度相关性,模型的适用性得以确认。

当不具备比较合适的模型基础时,我们需要根据装置的利用形态构建出适用的模型,再进行预测。

4.3.6 汽车人机界面的未来

今后汽车和计算机技术以及通信技术之间的关联性将不断深入。这里的深入基本上体现在向驾驶人提供更高级的服务,这需要留意有用性和可用性两个方面,事先掌握问题并解决。特别是在汽车领域里,故障和问题与人的性命相关,从这个意义来讲,与其说重视评价操纵的效率,更希望能重视它的可靠性,给评价留出更多的时间。具体来说,在开发的初期阶段要利用观察或谈话等质量方法,在中期确定规格的阶段则要凭借检查法找出问题,利用任务分析进行性能预测评价,另外,在末期能够利用试制件的状态下,基于客户试验进行实地评价。

迄今为止,虽然在汽车领域频繁地开展了诸如调查问卷或小组讨论等市场营销方面的调查,但是在可用性方面的研讨还远远不够。为了实现安全又舒适的驾驶,希望能进一步运用本节论述的方法。各方法详情请参看参考文献。

【黑须正明】

参考文献

- [1] J.Nielsen : Usability Engineering, AP (1993)
- [2] S.K.Card, I.P.Moran and A.Newell : The Psychology of Human Computer Interaction, LEA, pp.264-265 (1983)
- [3] 海保博之, 原田悦子, 黑须正明: 認知的インタフェース, 新曜社 (1991)
- [4] 佐伯: インタフェースの認知科学, 数理科学, 297, pp.5-9 (1988)
- [5] 黑须正明: 操作性評価のための非線形モデル-DTM, ヒューマンインタフェースシンポジウム, 9, pp.183-190 (1993)
- [6] 黑须正明, 伊東昌子, 時津倫子: ユーザ工学, 日経 BP, 近刊
- [7] M.Kurosu : Structured Heuristic Evaluation Method (sHEM), Usability Professional's Association (1998)

4.4 人体的模型化

人机工程的主要课题在于阐明以“人-机械-环境”系统效率为目的的人体原理,它的目标是在适合人体原理的基础上提供更加行之有效的机械。阐明人体原理是指人体生理信息的处理,换言之就是能够获取人体模型。

汽车领域在人体模型化方面的尝试大致可以分为三类,一是讨论居住空间、座椅安全带匹配性等内容的几何学模型,二是模拟车辆行驶轨迹的专项数学模型,三是基于驾驶人“感觉”“认知”“判断”这些大脑功能的心理学模型。

心理学模型一般叫作“Mental Model”,是人将导致该行为的信息处理过程模型化(图4-4-1)。本节将综合考虑以“感性”

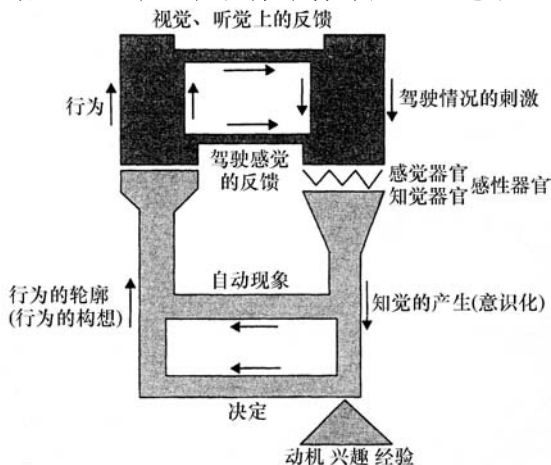


图4-4-1 驾驶行为的心理模型(心理模型举例)



“个性化”“以人为本”等为关键词的时代背景，谈一谈心理模型。

心理模型的意义在于它不仅是表示人类行为结果的单纯物理量，更是对结果进行信息处理的原理性说明。凭借这一说明可以带来许多好处，例如能够弄清交通事故的原因，研讨预防对策，还可以在人机界面的可用性方面综合考虑人体特性，更加简单地应对个体特性差异、状态差异等。换句话说，随着迅速发展的电子技术应用变得更加适用，与此同时它的应用范围也将不断扩大。

考虑“人-车-环境”系统中的心理模型时，首先最重要的就是理解与汽车运动有关的环境变化和人体信息处理要素及与信息处理时间的相关性。如图4-4-2所示，人体运动及感觉神经系统的信息传递时间（约0.02s）同样可应对车辆的碰撞，即使考虑其他神经系统的信息传递时间，人也要具备安全乘坐高速移动车辆的适应性。另一方面，也显示出“判断/识别”等信息处理要素的延迟也会常常引起不适应的碰撞情况（事故）。

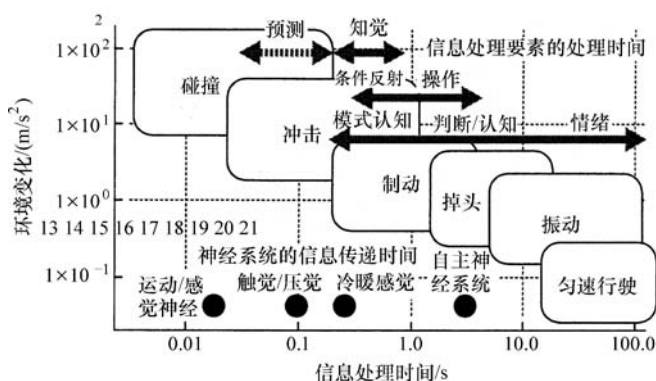


图 4-4-2 汽车运动和人类的信息处理时间

图4-4-3是概念性地表达考虑心理模型的“人-车-环境”系统的模型化。对于“汽车-环境”系统增加“知觉”“判断”“操纵”“智情意（智力、感情和意志）”等信息处理要素进行说明。

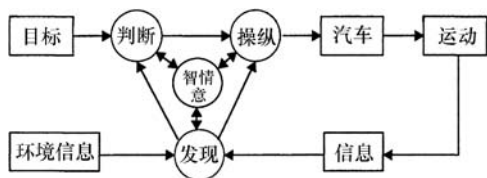


图 4-4-3 人-车-环境系统的概念

图4-4-4是近年在整车控制中活用电子技术的事例，具体是指在自动变速器的换档模式控制中灵活应用神经网络技术、模糊理论（fuzzy），实现驾驶人期望值以及包括工

作意愿在内的控制。这可以看作是从传统的“符合汽车道路环境的控制”向“符合驾驶人期待和意志的控制”转变。

为了能使这种系统广为市场所接受，并且提高可用性，更好地预防交通事故，深入理解人体信息处理的模型化非常关键。

提到人体的信息处理，换句话说，主体就是心理模型的“知觉”“认知”“判断”等大脑的高级功能，虽然从生理学的角度不一定能得到充分的说明，但是本节将参考现今已弄清的生理学事实及建议的各种模型，阐述心理模型的架构思路，展望未来实现更加有效的“人-车-环境”系统。

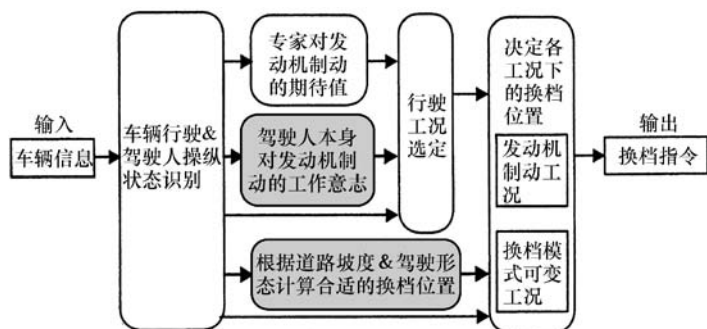


图 4-4-4 考虑驾驶人意愿的自动变速器换档模式控制

4.4.1 心理模型化的要点

人体信息处理除了具有各感觉信息接收器的特征以外，还有三大特征。首先，就是相互关联的“联合性”特征，即在大脑信息处理过程中同时进行运算（知识）信息处理和情绪信息处理，这一点可以用学习、适应、记忆、期待等词汇说明；其次，就是特点和经验一起发生变化的“可塑性”“不可逆行”；最后就是各种感觉相互弥补、高效地识别信息的“整合性”。这三大特征同时也是模型化的要点。

a. 大脑中的两条信息处理路径

通过大脑中的两条信息处理路径能够说明具备人类感性的行为（图 4-4-5）。如图所示，一条是生理学输入的感觉信息从丘脑经过大脑皮层，再从大脑边缘传递到肌肉神经系统输出的运算信息处理路径，另一条则是不经过大脑皮层的情绪上的信息处理路径。

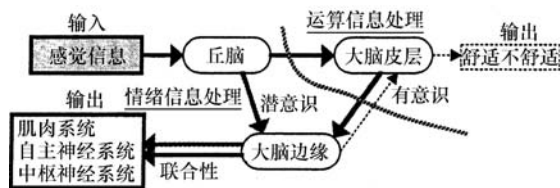


图 4-4-5 大脑的两条信息处理路径

这两种信息处理被联合且按时间序列记忆，特别是情绪信息处理，潜意识被记忆是其特点。例如，处理“舒服不舒服（舒适感）”这一汽车开发中的主要情绪信息时（主观评价等情况），就要有意识地提取存在于潜意识当中的情绪信息。

有时还会出现运算信息和情绪信息的联合性，将主观评价等行为解释变成无解的情况。换句话说，就是不同的人对于相同的信息常常会做出不同的主观评价。对于某一感觉信息，即使运算信息处理相同，因某些关联性，也会无意识地再次引发过去曾记忆的情绪信息处理。简而言之，过去的经验会形成情绪上的判断标准。对于同一感觉信息，有多少经验就有多少情绪信息处理，因此该领域统计学解析的必要性也非常有意义。

而且该联合性扮演着抑制或促进运算确定行为的重要角色。图 4-4-6 表示的是驾驶行为动机 - 认知模型（wild），这个模型会比较驾驶人所能接受的危险和评价得出的危险，确定行为时要使评出的危险与可接受水

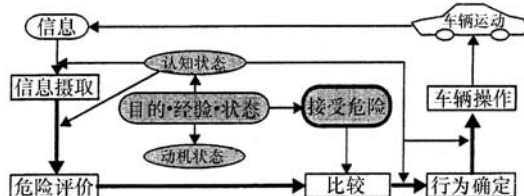


图 4-4-6 驾驶行为动机 - 认知模型（wild）



平一致，换句话说，这就是危险补偿说的提案。

该模型具有情绪处理特征，即根据驾驶人的目的、经验、状态评价出可接受的危险度，如果同时考虑方向盘、踏板之类的运算信息处理和危险补偿的情绪信息处理，可以将此模型看成图 4-4-5 的情绪信息处理路径。有实例表明此模型的概念适用于掉头时的牵引力控制。着眼于掉头时的横向加速度和与危险感有关的强度，要进行牵引力控制避免危险感增加不超出范围。虽然利用试验人员的平均值来评价可接受的危险度并不是很充分，但是这能够作为一种考虑行驶条件并将驾驶人情绪上的危险感置身于通常可接受范围内来提高安全性的尝试。

如同危险补偿说一样，在驾驶辅助系

统中（如利用近年来开发持续深入的车间距信息显示，警报或制动自动控制等）能够综合考虑信息处理两面性的方法不可或缺。

b. 基于大脑皮层的信息处理

大脑皮层掌管人类的运算和知识上的高级信息处理。虽然尚未完全弄清详细原理，通过实验可知大脑皮层包括三部分，一是感知和识别感觉信息的部分，二是整合识别和判断信息的部分，三是基于上述判断决定动机的部分。

在整合识别感觉的部分和决定动机的部分进行信息处理会形成记忆痕迹（潜在记忆）。基于大脑皮层的信息处理根据所谓学习的模式认识及模式认识程度，如图 4-4-7 所示，形成三条路径的概念。

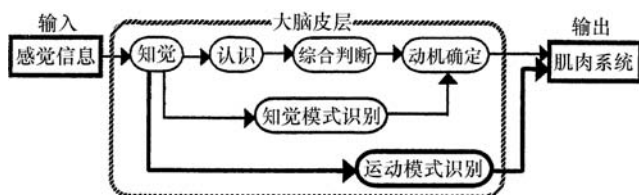


图 4-4-7 大脑皮层中的信息处理路径

从信息处理速度和对刺激的反应来看，运动模式认识要好于知觉模式认识，而知觉模式认识要比需要综合判断的情况更好，例如面对红灯进行制动操作就是将“红灯 - 危险 - 停止 - 踩制动”这一信息处理转化成“红灯 - 踩制动”的运动模式认识。

图 4-4-8 表示的是 Rasmussen 的人类行为模型。将可接受刺激（特点提取）分成 signal、sigh、symbol，将对应的行为分成“熟练行为”“规则行为”“知识行为”三

类。这基本与图 4-4-7 中的三条信息处理路径的思路相同。

Rasmussen 让知识行为呈阶梯状，从行为发起到现况识别、行为目标识别、行为决定、步骤构成及行动，详细地进行了模型化（图 4-4-9）。其中根据和学习有关的规则行为对省略行为（模式识别）进行了说明。当提供全新的操作装置或显示器时，就需要研讨能充分考虑该学习和规则化过程的操作方法与显示方法。

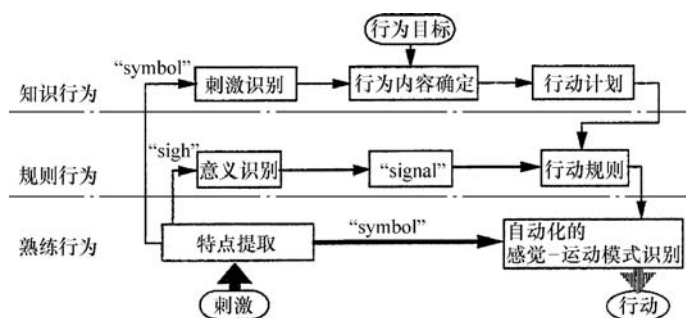


图 4-4-8 人类行为模型 (Rasmussen)

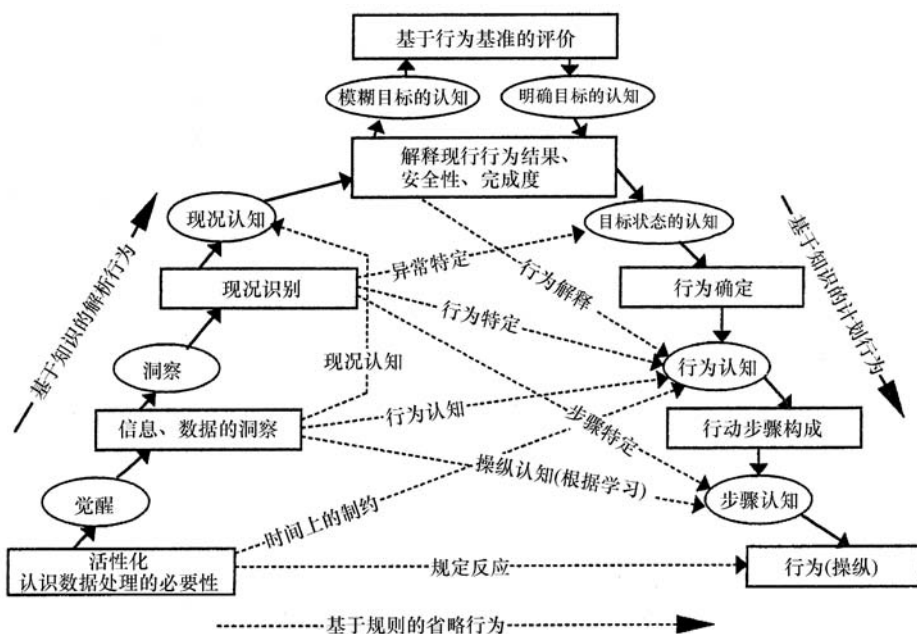


图 4-4-9 行为决定阶段 (Rasmussen)

c. 视觉信息处理

人们都说驾驶中最主要的视觉信息处理是同时进行的两种认识，一种是视网膜全域的认识，主体是易对弱光做出反应、信息传递速度较快、与移动有关的周围视野，另一种则是信息传递较慢但却能够高精度传递信息的中心视野的认识。特别是要求在汽车驾驶等广阔视野下进行信息处理时，就会对视网膜全域内与行为有关的快速信息处理形成运动模式认知，由此可知该运动模式认知能够有效作用于瞬间危险规避和反应。

图 4-4-10 是视觉信息处理模型实例，它将认知分为第一认知和第二认知两个阶段，然后再有选择性地进行模型化。这里所说的第一认知是指与行为有关的快速信息传递，第二认知是指基于中心视野的高精度信息传递。瞬间危险规避可以看作基于第一认知的条件反射式的行为结构。当第一认知进行视点选择时，第二认知就转而去处理视点特点信息的获取、识别和行为确定。并行展开的这两种认识到底具有怎样的联系，又是怎样进行信息处理的，对驾驶主动安全至关



重要。

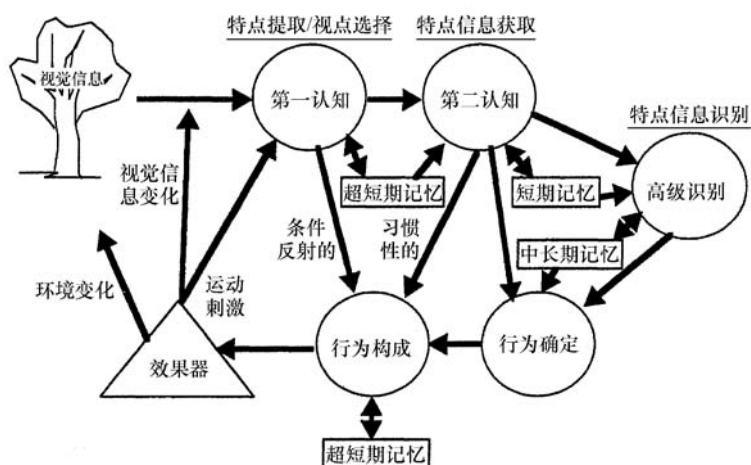


图 4-4-10 视觉信息处理模型

图 4-4-11 是围绕周边视野信息处理与中心视野信息处理之间的联系而展开的调查，关于中心视野的信息处理深度和周边视野的信息处理广度，通过道路试验可知道路的复杂度增加，则驾驶人视点移动的幅度会减少。该模型在应对道路环境中的标识或车内开关、显示屏信息量合理性等“多功能、多信息化”方面，具有重要意义。

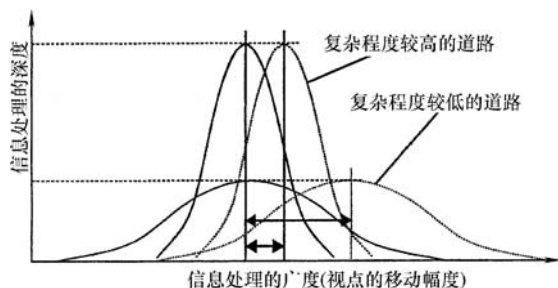


图 4-4-11 视觉中信息处理的深度和广度

在中心视野的特点信息认知中同样存在两种信息处理。图 4-4-12 是数据驱动型处理和概念驱动型处理。这不仅仅是视觉形式的对比感觉，还与预测性描绘、对比文脉等相关概念信息的期待值有关，而且人的预测

性行为及错觉等现象也能够得以说明。特别是考虑到全新的信息显示时，充分考虑概念驱动型信息处理非常有效，例如基于概念驱动呼应期待的显示对提高驾驶人信息处理具有划时代的意义。

d. 运动感觉信息处理

操纵就是指在大脑皮层决定的运动传递到手和脚的信息处理。这种信息处理可以通过运动感觉进行说明。所谓的运动感觉就是凭借关节的运动感觉接收器的传感信息，有意识地识别身体各部位的相互位置和移动快慢。

这也叫作运动功能的感觉反馈，在生理学上，可如图 4-4-13 所示进行说明。大脑皮层决定的运动意图会让肌肉兴奋，同时小脑也会接收到信号。肌肉的收缩信号传递到小脑，然后由小脑整合来自大脑皮层和肌肉的信号（比较大脑皮层的意图和身体各部的移动），再经由丘脑将“误差调整”反馈给大脑皮层。通过重复多次的反馈，会形成运动模式的识别，能够在没有反馈的情况下巧妙的运动。

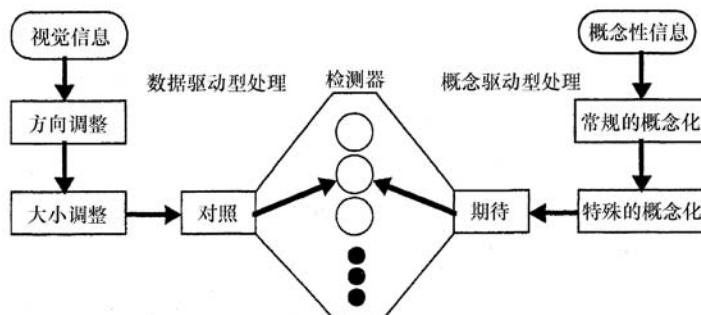


图 4-4-12 人类视觉知觉中的两种信息处理

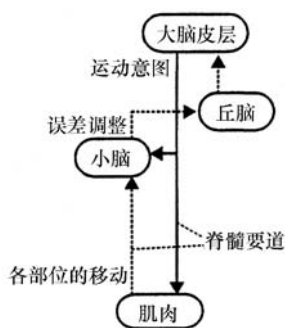


图 4-4-13 运动功能的反馈

汽车驾驶中的踏板及变速杆操纵就是一例典型，也可以看作学习驾驶人机布置的运动感觉。虽然恰当的人机布置能够引发合适的运动感觉，使恰当的操纵成为可能，但是没有反馈行为的缺点就是无法修正误差。例如搭载自动变速器的车辆因制动踏板和加速踏板的踩踏错误导致汽车疾驰窜出事故等。

另外在普通的运动或操作当中，两种信息处理是组合在一起的。一种是基于已掌握的运动感觉、在没有反馈的条件下预测性的信息处理，而另一种则是在运动产生的全新视觉信息下的修正性信息处理。换言之，就是两种行为的组合，一种是即使闭上眼睛也能进行的手脚行为，而另一种则是一边睁开眼睛确认与对象物体之间的位置关系，一边决定的手脚行为。

将这两种信息处理分别进行模型化的意

义在于能够讨论适应驾驶人的个体特性和状态。运动感觉信息处理基于学习，与个体特性和技能具有密切的相关性，即使面对微弱的刺激也能做出响应，而修正性的视觉信息处理则是应对瞬间变化的响应，推测它容易受到诸如清醒水平等驾驶人状态的影响。

约束驾驶人视野，用转向盘角度的频率特性差可以说明在操纵转向盘中二者的存在。可以看出，这也是谈及与驾驶人技能相关性的尝试。今后，该模型化将在以“人性化”为前提的研究中扮演不可或缺的角色。

e. 平衡感觉信息处理

如图 4-4-14 所示，平衡感觉是与汽车运动有关的人体加速度的信息识别。众所周知，加速度是由三个半规管所代表的前庭器检测出来的，如果没有从前庭器直接到达大脑皮层的神经要道，大脑皮层就不会产生兴奋。换言之，由前庭器检测出来的加速度信息会经过睫状肌的前庭核心传递到肌肉，从这个意义上来看，与其把这种信息处理叫作平衡感觉，不如把它称作平衡反射。

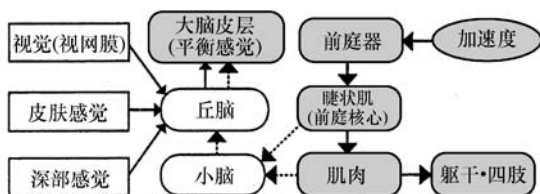


图 4-4-14 加速度信息处理和平衡感觉



与平衡反射有关的睫状体及肌肉上的信息处理会经由小脑和丘脑上升到大脑皮层。然后在大脑皮层整合诸如视觉等的相关信息，形成平衡感觉的认识。该人类平衡感觉是一种整合性认识，这正说明了在日常生活中经常体验的源于视觉信息的平衡感觉中之所以会出现错觉的原理。

换言之，在处理驾驶人加速度感觉或操纵感觉时，不能只靠单纯的加速度进行说明，还需要形成整合性的认知模型。图4-4-15是与加速踏板操纵有关的加速感

信息处理模型。车辆加速所产生的前庭器、视觉及听觉等全部信息都会在接收器（大脑皮层）综合性地识别为可接受加速度，还会形成同时进行信息处理的踏板操纵信息（肌肉活动等）、驾驶目标以及根据经验信息获得的加速感期待值，然后通过二者的比较，能够评价出实质性的加速感。汽车的运动性能评价通常由经验丰富的专家进行，另外，该原理还可以说明个体差异较大的现象。

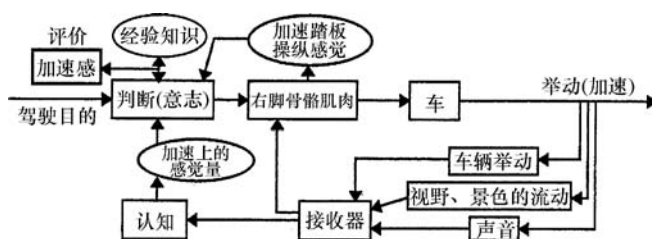


图4-4-15 加速感中的人-车系统模型

各种感觉的综合性认识原理与摇摆病，也就是与晕车有密切联系。虽然基于摇摆病的信息传递和症状关系中的详细原理尚未完全明确，但是可以确认它是由小脑的活动而引起的，如图4-4-16所示，小脑的活动是运动调整的主体。上升到大脑皮层中的感觉信息也会传递到小脑，当大脑的信息处理和小脑的信息处理之间出现误差时，就会根据它的强弱不同出现各种症状。

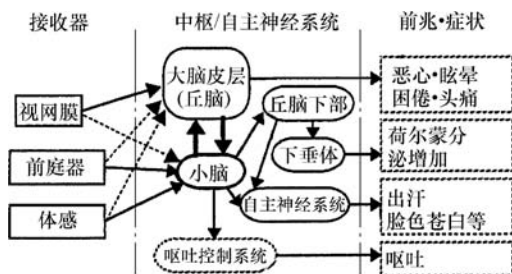


图4-4-16 动摇病种的信息传递与症状

比较典型的事例如乘车方向与车辆前进方向相反或乘车时看书更容易晕车。围绕车辆运动讨论乘坐舒适性时，不仅需要研究加速度信息，还需要充分研究乘员周围的整体

环境以及视觉、听觉等信息。

4.4.2 心理模型案例

在上述模型的举例中，根据对象课题的不同，有的能够直接适用，但是考虑到“联合性”“综合性”等人的基本特性，还是期待能够涵盖建模要点的模型研究。

图4-4-1中的驾驶行为的心理模型就是其中之一。感知到的信息可分成两种路径，一种是描绘行为路径的自动现象，另一种则是根据动机、兴趣和经验决定行为路径，行为结果就是在视觉、听觉及运动感觉方面的感觉器官的反馈模型。也考虑“可塑性”及“综合性”。

图4-4-17是对驾驶人信息处理模型提出的建议。大脑中的情绪信息处理路径是“压力、快感积累-兴奋、抑制”，而大脑中的运算信息处理路径则根据学习水平分为三个阶段，分别是“感知综合认识”“感知模式认识”“运动模式认识”。建模是为了



能使感知到的信息同时进行情绪及运算两条路径,也是为了使确定的行为按照情绪信息处理路径的“兴奋、抑制”要素最终得以控制。在操纵方面,要将位于效果器中与

运动感觉接收器有关的反馈、学习等运动感觉建立“运动感觉认识”模型,而不用学习反馈的操纵就是该“运动感觉认识”操纵汽车的模型。

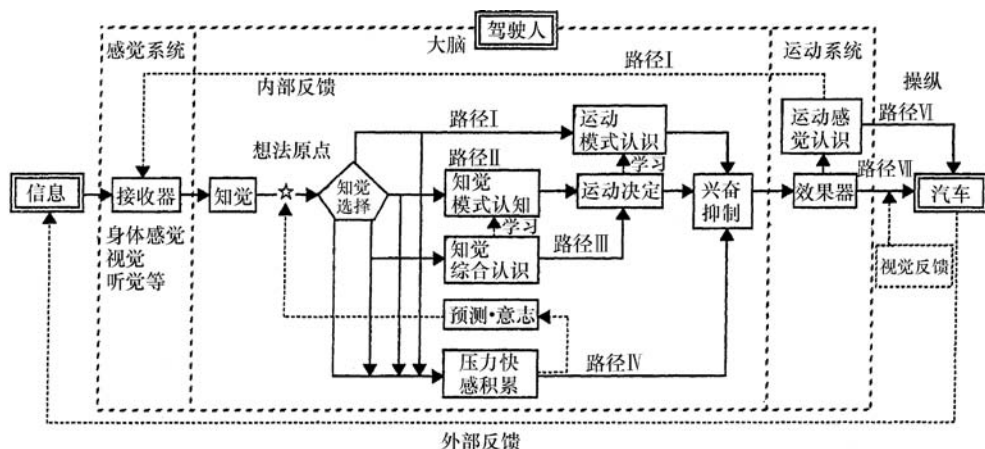


图 4-4-17 驾驶人信息处理模型

未被学习的操纵是效果器以“视觉反馈”信息为基础所进行的操纵,要将操纵中的两面性建模。在知觉中,考虑上述数据驱动型和概念驱动型的存在,再加上基于“预测、意志”的“思路原点”,考虑中心视野和周边视野并行的、有选择的信息处理,可将知觉模型分为“知觉”和“知觉选择”两个阶段。

图 4-4-18 是将大脑的高级功能进一步详细建模的实例。“感觉-判断、决定-运动”的高级概念与“预测性-创造性-主体性”及“注意-思考-意志”两个层次有关。今后,为了应对多功能、多重信息化、高性能化以及老龄化,需要培养基于上述高级概念模型的研究。

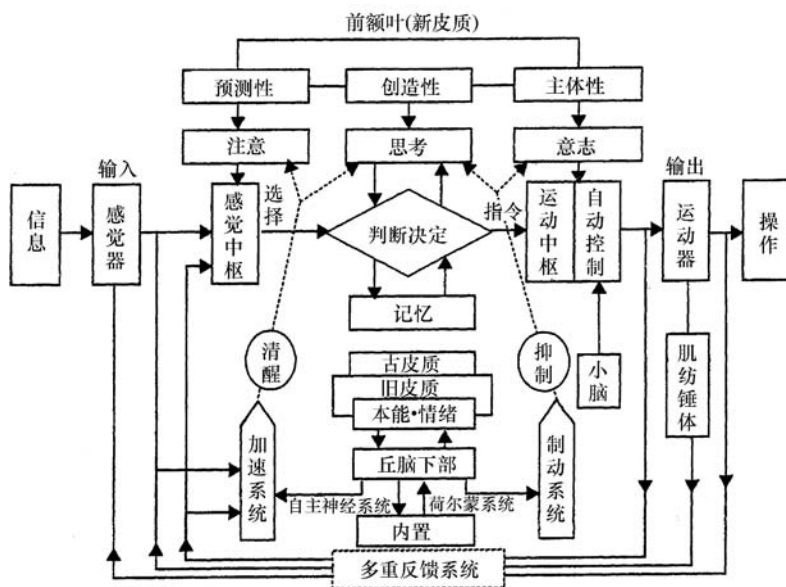


图 4-4-18 人类信息处理模型



至此，已经详细阐述了人体建模的思路和具体建议。无论技术如何发展，社会如何变革，“联合性”“可塑性”“综合性”等人类基本特性依然普遍存在，而具体的个人特性也会随着技术发展及社会变革发生变化。也正因如此，无论从时代技术，还是从社会背景考虑，都需要围绕人机工程展开研究。

在目前驾驶辅助系统开发迅速发展的大背景下，主要问题就是怎样基于这些辅助系统与具有这些想法初衷的人构建出和谐的关系。

另外生育高峰会逐步演变成老龄化的高峰，在这种社会背景下，针对老年人的研究也就成了重要的课题之一。本节提及的人体建模和心理模型对更加行之有效地展开研究具有重大意义。

可想而知，构建心理模型及相关的驾驶仿真会越来越重要，仿真本身就具有将人类的各感分离并整合的功能，而使用时，充分理解和考虑人类的基本特性至关重要。

【神谷公一】

参考文献

- [1] D.Waterman et al. : Cyberman-A Human Factors Design Tool, SAE Technical Paper 780282 (1978)
- [2] J.A.Searle : The Geometrical Basis of Seatbelt Fit, ERGONOMICS, Vol.17, No.3, pp.401-416 (1974)
- [3] M.S.Habib : Identification of Vehicle-Driver Stability Domain Using Human Pilot, Structural Model, 1993 American Control Conference, pp.726-730 (1993)
- [4] 蓮花一巳ほか訳：クレベスベルク，交通心理学，企業開発センター，pp.19-20, pp.280-281 (1990)
- [5] 近藤薫ほか：ニューラルネットを活用したA/Tのシフトパターン制御，自動車技術会学術講演会前刷集，944, pp.241-244 (1994-10)
- [6] 伊東文雄ほか編集：生理学〔図説〕，東西医学社 (1987)
- [7] 内田耕二ほか訳：ガイトン人体生理学，廣川書店 (1982)
- [8] 感性産業事務局：感性セミナーシリーズ1，感性集約産業の課題，凸版出版，pp.125-128 (1993)
- [9] 神谷公一：自動車におけるヒューマンファクターの現状，機械の研究，第46巻，第10号，pp.1027-1033 (1994)
- [10] L.P.Goodstein et al. : Tasks, Errors and Mental Models, Taylor & Francis, pp.1-5 (1988)
- [11] E.L.Brown et al. : Perception and the Sense, Oxford Univ. Press, pp.336-337 (1979)
- [12] 三浦利章：視覚情報収集における眼球運動の役割，電気・情報関連学会連合大会誌，pp.151-154 (1987)
- [13] 中溝幸夫ほか訳：リンゼイ/ノイマン情報処理心理学入門Ⅰ，サイエンス社，pp.8-11 (1990)
- [14] 磯村有宏ほか：ハンドル操作におけるヒューマンファクター，自動車技術会学術講演会前刷集，946, pp.153-156 (1994)
- [15] 福田精：運動と平衡の反射生理，医学書院 (1957)
- [16] 池崎誠ほか：加速度感の要因と定量化の一手法，自動車技術，Vol.42, No.11, pp.1395-1402 (1988)
- [17] A.J.Benson : Motion Sickness, Aviation Medicine, Butterworth, p.319 (1988b)
- [18] 神谷公一：運転者情報処理の効率化について，自動車技術，Vol.46, No.1, pp.74-80 (1992)
- [19] 野間聖明：航空機の運行におけるヒューマンエラーの防止対策，システムと制御，pp.32-33 (1988)

国际视野 科技前沿

汽车先进技术译丛

日本汽车技术协会·汽车技术经典书系

汽车发动机环境对应技术

汽车控制技术

汽车模拟技术

汽车运动性能技术

汽车材料技术

汽车安全技术

汽车测试分析技术

汽车人机工程学技术

汽车生产技术

汽车造型与空气动力学技术

汽车振动噪声控制技术

汽车的交通环境匹配技术



机械工业出版社微信公众号 扫一扫，更多汽车精品图书供你选！



ISBN 978-7-111-61317-6

策划编辑◎孙鹏 / 封面设计◎鞠杨

上架指导 交通运输 / 汽车技术

ISBN 978-7-111-61317-6



9 787111 613176 >

定价：60.00元