

報 告

生理指標を用いた感性評価に関する一考察

野倉邦裕^{*1}, 井上純矢^{*2}, 久保千穂^{*3}, 渡辺泰裕^{*4}

A Study on the Kansei Evaluation by Physiological Measurement

Kunihiro Nokura^{*1}, Junya Inoue^{*2}, Chiho Kubo^{*3}, Yasuhiro Watanabe^{*4}

要 旨

近年、様々な産業分野において人間を中心とした製品設計・提案に対するニーズが高まっている。しかし、人間が感じる“快適性”を客観的・定量的に評価する方法は確立されていない。そこで、触覚、視覚+聴覚を事例とした評価実験を行い、生理指標（脳波、心電図）による客観的・定量的評価の可能性を検討した。

その結果、触覚の評価実験では触り心地の良さに対する心理量と生理量の対応関係を確認することが出来なかった。一方、視聴覚の評価実験では、リラックス度、覚醒度に対する心理量と生理量の対応関係を確認することが出来た。

これらのことから、快適性を客観的に評価できる可能性が示唆された。しかし、快適度の差が小さいものでは評価することが困難であり、詳細な評価が可能な計測・解析技術の開発が必要であることが解った。

Abstract

In late years, there is a growing need for human centered product design and proposal in various industries. However, the methods to estimate 'comfort' objectively and quantitatively have not been established yet. Therefore, we studied possibility of evaluation by physiological measurement (Electroencephalogram, Electrocardiogram) through tactile and audio-visual experiments.

As the results of tactile experiment, it was not confirmed that psychological evaluation and physiological evaluation were correlated. On the other hand, the correlation was confirmed about relaxation degree and arousal level by the audio-visual experiments.

Accordingly, it was suggested that comfortable was evaluated objectively. However it was difficult to evaluate, when the difference of comfortable was small. Therefore it is necessary to develop a new measurement and analysis to evaluate in detail.

^{*1} Kunihiro Nokura 開発部 第1開発室
^{*2} Junya Inoue 開発部 第1開発室
^{*3} Chiho Kubo 開発部 第1開発室
^{*4} Yasuhiro Watanabe 開発部 第1開発室

1. はじめに

1-1. 動向

2008年4月に経済産業省から、人間生活技術の長期的な戦略として「人間生活技術戦略」の改訂版が発表された^{1) 2)}。その中で将来のゴールとして、1) 心身ともに健康な生活、2) 楽しく安らげる暮らし、3) 安全・快適なモビリティ、4) 安全・安心働きがいのある環境の4つを示している。この中の「安全・快適なモビリティ」においては、「運転しながら、身体機能・認知力が維持・回復する」モビリティのイメージ図が描かれている³⁾ (図-1)。具体的には、ドライバーの視線や生理情報をセンシングし、ドライバーに香りや振動、音などにより元気になる刺激を与えることで運転しながら身体機能・認知力が回復するモビリティとなっている。これらから、車室内の快適化ニーズは増大しているとともに、快適に対する考え方が、ココロだけでなくカラダの面から心地良くなる必要がある方向に変わってきていることが解る。

1-2. 快適とは

「快適」は、積極的快と消極的快に分類することができる⁴⁾。消極的快とは、不便さや疲労、暑さ・寒さなど、マイナス要素の最小化に伴う快適性である。それに対し積極的快とは、心地良さや、ワクワク感、楽しさ、感動といったプラス要素の最大化に伴う快適性である (図-2)。言い方を替えると、消極的快は「あたりまえ品質」、積極的快は「魅力的品質」と呼ぶことができる⁵⁾。

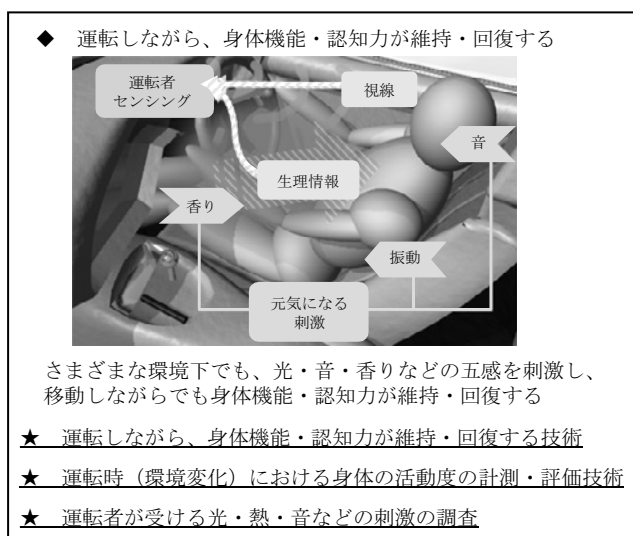


図-1 安全・快適なモビリティイメージ図

これからの快適性向上を目指した製品開発には、魅力的品質となる積極的快の提供が重要となってくる。

1-3. 評価方法

快・不快要素を人間特性面から評価するには、ココロとカラダの両面から評価する必要がある。ココロの面からの評価とは、SD法、一対比較など、心理指標を用いた評価方法である。例えば音楽A, B, Cの楽しさを評価する場合、いくつかの評価用語を用い、被験者に3曲を比較して回答してもらう。つまり、サンプル間を聞いた後、経験と比較し相対的に評価を行う。その結果、快・不快の方向や順位の評価は可能であるが、定量的評価が出来ない。それに対し、カラダの面からの評価とは、脳波、心電図、筋電図などの、生理指標を用いた評価方法である。音楽の評価をする場合、3曲を聞いている間の生理量を解析する。これらは、反応の大きさを絶対的に評価することが出来る。その結果、反応の大きさを定量的に評価出来る。しかし、その値が快なのか不快なのかの判断は困難である。そのため、快適性の客観的・定量的評価には、各指標を組み合わせた多面的評価が重要である。しかしながら、現在様々な製品評価の場面では、心理指標のみに頼っており、快適性の定量化が出来ていないのが現状である。

2. 目的

本報では事例的検証実験を通し、生理指標の快適性評価への適用について検討すると共に、実験技術における知見を収集することを目的としている。

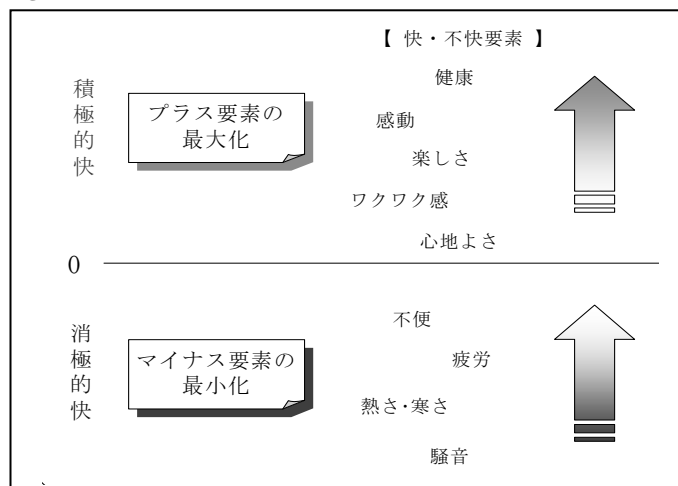


図-2 消極的快と積極的快

なお、評価対象とする快適要素は、触り心地に関係する触覚、LED関連製品に関係する視覚+聴覚を選定し実験を行った。これらは積極的に繋がる快適機能を抽出した中で社内ニーズを考慮し選定した。

3. 事例 I : 触覚快適性評価

触り心地の良さについての心理実験と、サンプル接触時の生理実験を行い、心理量と生理量の対応関係から、触感評価への生理指標の適用について考察した。図-3に実験風景を示す。

3-1. 実験方法

3-1-1. 評価サンプル

材料・材質の違いにより触感感性因子（粗滑感、乾湿感、温冷感、硬軟感）の異なる5つの平面状の板（100×180mm）を用いた。（表-1）

3-1-2. 被験者

20~40歳台の男女6名

3-1-3. 心理評価

暗幕で覆われたボックス内に2つのサンプルをランダムに提示し、シェッフェの対比較法（中屋の変法）による触り心地の良さに対する7段階評価を行った。アンケート回答例を図-4に示す。



図-3 実験風景

表-1 サンプルの触感感性因子

素材	触感感性因子	粗滑感	乾湿感	温冷感	硬軟感
#1	ウレタン(シボ付)	やや粗い	やや湿った	やや冷たい	軟らかい
#2	植毛品	粗い	やや乾いた	やや温かい	軟らかい
#3	木	やや粗い	乾いた	やや温かい	やや軟らかい
#4	ウレタン	粗くない	やや湿った	やや冷たい	軟らかい
#5	アルミ	粗くない	湿った	冷たい	硬い

3-1-4. 生理評価

暗幕で覆われたボックス内に、サンプルを順次提示し、サンプルに対する1分間接触時の生理反応を計測した（図-5）。計測項目は意識状態を見るために脳波を計測し、交感神経（緊張時の神経活動）と副交感神経（リラックス時の神経活動）を見るため心電図を計測した。さらに精神性発汗を計測する為に皮膚電位反応を計測した。計測後、以下の指標について解析を行った。

- a) 脳波：α波含有率（8~13Hz）
β波含有率（13~30Hz）
- b) 心電図：R-R間隔
LF成分（0.1~0.25Hz）
HF成分（0.25~0.5Hz）
LF/HF
- c) 皮膚電位反応：|波高値-平均波高値|

3-2. 結果

3-2-1. 心理量

触感の心地良さに対する一対比較による処理効果の値（以下、官能値）について分散分析を行った。分散分析結果を表-2に、また官能値によるサンプルの位置付け結果を図-6に示す。解析の結果、サンプル間に有意な差が見られた。次にこれらのサンプルを用いて生理評価実験を行った。

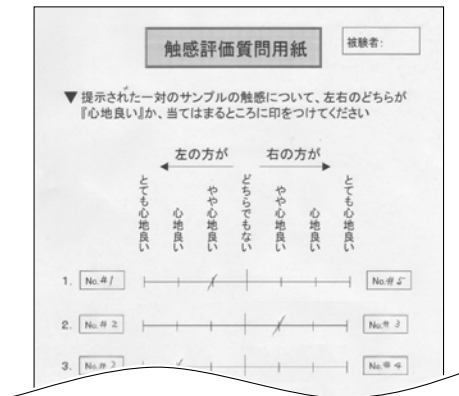


図-4 心理評価アンケート回答例

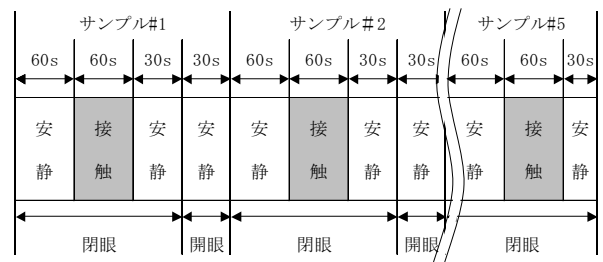


図-5 生理評価のタイムスケジュール

3-2-2. 生理量

脳波をフーリエ変換し得られた各周波数帯域（α波，β波）含有率の全被験者の平均値を比較した結果，サンプル間に有意な差は見られなかった．サンプルごとのα波，β波含有率の平均値を図-7に示す．

表-2 分散分析結果

	平方和	自由度	分散	F値
主効果	71.76	4	17.94	17.82**
組合せ効果	2.64	6	0.44	0.44
主効果*評価	45.44	16	2.84	2.82**
誤差	24.16	24	1.007	1
全体	144	50		

**：1%有意

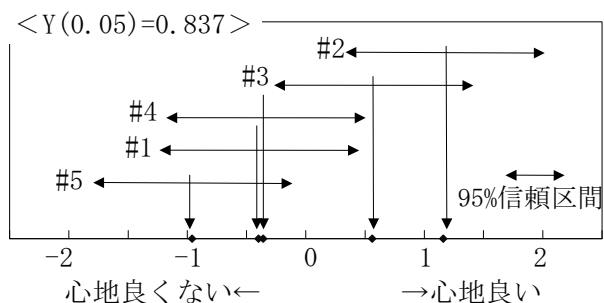


図-6 官能値によるサンプルの位置付け

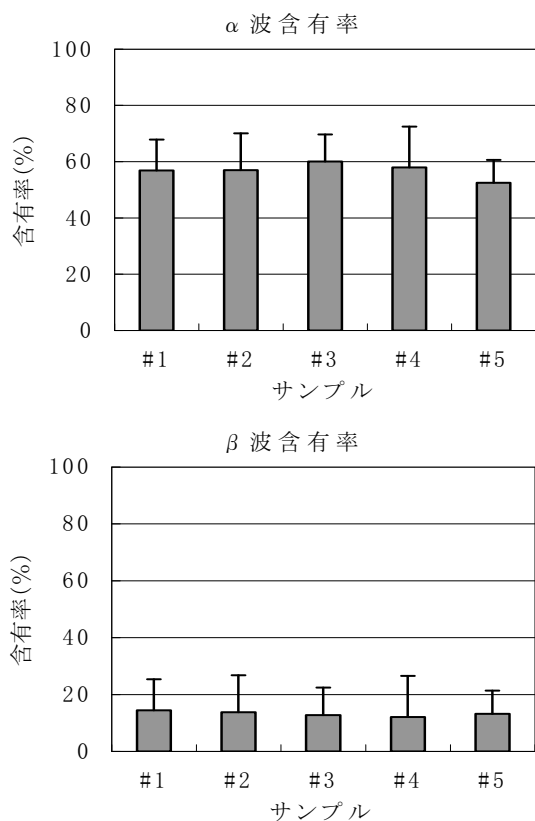


図-7 サンプルごとのα波，β波の含有率

また，心電図から導出したR-R間隔，及びLF成分，HF成分，LF/HFの全被験者の平均値を比較した結果，サンプル間に有意な差は見られなかった．

3-3. 考察

本実験では触り心地の良さに対する心理量に有意な差が見られたのに対し，生理量では，脳波，心電図解析結果共に有意な差は見られなかった．この原因は，今回用いたサンプルの触刺激の快適度が弱く，生理的に反応するレベルが低いことが考えられる．また，脳波，心電図解析ではこれらの反応をとらえることが難しく，他の生理指標の検討が必要であると考えられる．

4. 事例Ⅱ：視聴覚快適性評価

事例Ⅰの結果から刺激レベルが低い場合，反応をとらえることが難しいことがわかった．そこで刺激レベルを上げ，視覚+聴覚刺激により，ワクワクさせるような評価サンプルを作製し，それらもたらす積極的快に対する反応特性を見ることを試みた．

4-1. 実験方法

4-1-1. 評価サンプル

積極的快に繋がる視聴覚刺激としてbBのデザインコンセプトを参考にサンプルを作製した．bBは「心ときめかせわくわくさせる」「心を落ち着かせる」等のコンセプトを元に，インパネ部に11箇所青紫のイルミネーションを設置しており，音楽の音圧と400Hz以下の周波数に連動し点滅するシステムが装備されている⁶⁾ (図-8)．



図-8 bB のインパネ画像

これらを参考に、ターゲット層を20歳～30歳代前半の若年男性とし、停車状態で音楽を楽しむことを前提にした評価モデルを作製した(図-9)。

4-1-2. 実験条件

表-3に示す3条件を用い実験を行った。

また実験に用いた音楽はbBを好む年代層をターゲットとしていることから、若年層に人気のあるヒット曲3曲を用いた。

- 1 曲目 : Green Day / American Idiot (2:54)
- 2 曲目 : Avril Lavigne / Girlfriend (3:37)
- 3 曲目 : Mickey Mouse Club March (2:38)

音楽との連動方法は、上記音楽の400Hz以下の音圧レベルを8段階に分け、そのレベルに合わせ左右8個ずつ並べたLEDを点灯させた。点灯のタイミングはVisual Basicで作成したプログラムにより制御した。

4-1-3. 被験者

心理評価は24～31歳の男性7名を対象とし、生理評価は24～31歳の男性4名を対象として実験を行った。

4-1-4. 実験手順

被験者は電極装着後、覚醒度の向上と、条件間の順序効果無くするため、ゲームと計算タスクの練習を約10分間行った。その後、計算タスクを3分間与えた後、各条件を3曲分提示し、安静状態を5分間維持してもらった。各条件の順序はランダムとし、被験者のサーカディアンリズム(日内変動)を考慮し異日同刻に実施した。実験のプロトコルを図-10に示す。

4-1-5. 評価項目

心理評価は上記プロトコル終了後に疲労度、楽しさ、覚醒度、リラックス度、集中力の維持の5項目について4段階評価を行ってもらった。アンケートの回答例を図-11に示す。

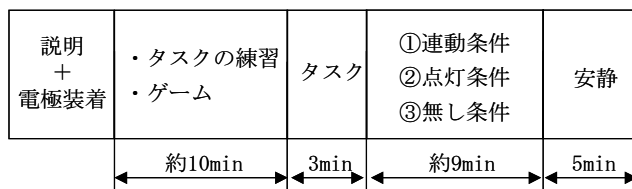


図-10 実験プロトコル



400Hzの音圧レベルに合わせ左右8個ずつ並んだLED(青)が点灯

図-9 評価サンプル

表-3 サンプルの触感感性因子

条件	状態	顔面照度 [lx]	サンプル輝度 [cd/m ²]
#1 連動条件	音楽+連動照明	0.4~1.8	6.8
#2 点灯条件	音楽+点灯照明	1.8	6.8
#3 無し条件	音楽のみ	0.4	0.0

名前: [] 実験日: []

	0 無かった	1 ややあった	2 あった	3 非常にあった
疲れる	----- ----- ----- -----			
リラックスできる	----- ----- ----- -----			
楽しい ワクワクする	----- ----- ----- -----			
目が覚める	----- ----- ----- -----			
集中力を保てる	----- ----- ----- -----			

図-11 心理評価アンケート回答例

生理評価はタスク開始から安静終了まで計17分間における脳波、心電図を計測し、以下の指標について解析を行った。

- a) 脳波：α波含有率 (8~13Hz)
β波含有率 (13~30Hz)
- b) 心電図：R-R間隔
LF成分 (0.1~0.25Hz)
HF成分 (0.25~0.5Hz)
LF/HF

4-2. 結果

4-2-1. 心理評価

各条件に対する7人の被験者の「楽しい・ワクワクする」、「目が覚める」、「リラックスできる」に関するアンケート結果の平均値を図-12に示す。

この結果から、条件間で統計的に有意な差が見られ、連動条件は積極的快、照明無し条件は消極的快をもたらしており、各条件に対する快適要素の違いが確認できた。

4-2-2. 生理評価

脳波をフーリエ変換し、得られた各周波数帯域(α波、β波)含有率の経時変化を算出した。解析の結果、統計的に有意な差は見られなかったが、α波含有率において4人中3人の被験者が、連動条件と点灯条件ではほぼ一定、無し条件では時間と共に増加する傾向を示していた。図-13に代表的な被験者のα波含有率の経時変化を示す。

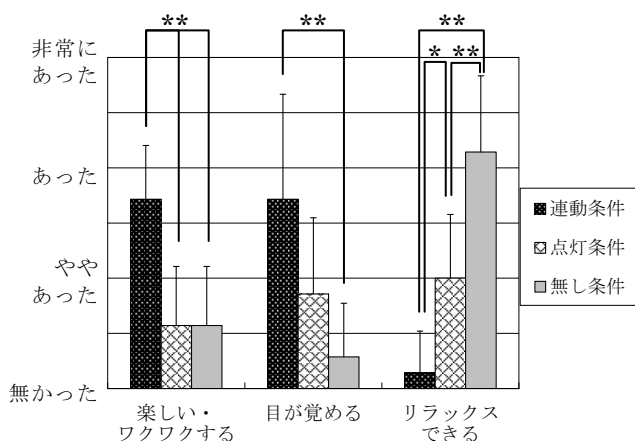


図-12 アンケート結果

(** : P<0.01, * : P<0.05, n = 7)

また、心電図からR-R間隔を導出し、心拍数の変化を見ると共に、周波数解析によりLF成分、HF成分、LF/HFの経時変化を算出した。解析の結果、統計的に有意な差は見られなかったものの、タスク中に対する心拍数の変化率において4人中3人の被験者が、連動条件と点灯条件では減少幅が小さく、無し条件では減少幅が大きい傾向を示していた。図-14に代表的な被験者の心拍数の変化率の経時変化を示す。

4-3. 考察

本実験から、照明の有無によりα波含有率、及び心拍数の変化率に違いが見られた。α波含有率は安静、リラックス状態で多く見られ、覚醒度が上がるにつれ低下するといわれている。また、心

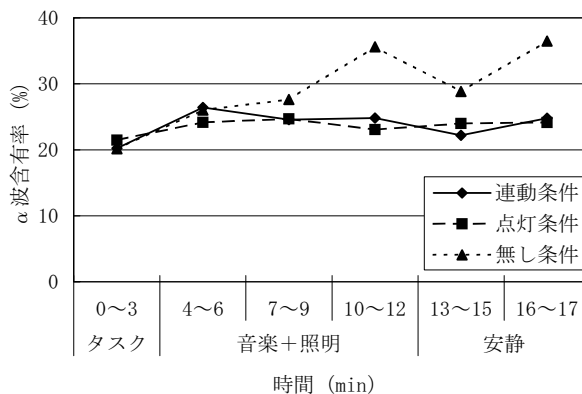


図-13 α波含有率の経時変化

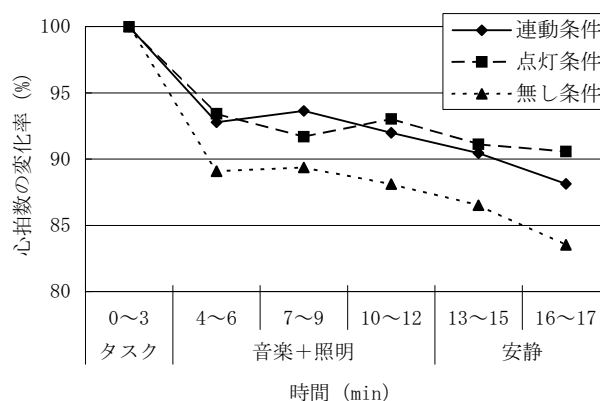


図-14 心拍数の変化率の経時変化

$$\left[\begin{aligned} \text{心拍数の} \\ \text{変化率} &= \frac{\text{ある状態の心拍数}}{\text{計算タスク中の} \\ &\quad \text{心拍数の平均値}} \times 100 \end{aligned} \right]$$

拍数の変化率はリラックス度の向上、覚醒水準の低下に伴い減少すると言われている。本実験では連動条件、点灯条件においてタスク中から一定の覚醒水準を維持的できていたのに対し、無し条件では覚醒度が低下し、リラックス状態に至ったことが原因と考えられる。

しかし、心理評価での「楽しい・ワクワクする」、「リラックスする」の項目において連動条件と点灯条件に有意な差が見られたのに対し、いずれの生理指標にも有意な差は見られなかった。これは、今回用いた脳波や心電図解析では、覚醒度やリラックス度の大きな変動は評価することができるが、快適度の差が小さいものに対する反応は評価しきれなかったことが原因と考えられる。また、触覚実験同様に他の生理指標の検討が必要であると考えられる。

5. まとめ

本報では、快適性の客観的・定量的評価を目指し、生理指標を用いた、触覚、視覚+聴覚快適性に対する事例的検証実験を行った。その結果、脳波、心電図解析により、リラックス、覚醒に対する快適性を評価することが出来た。しかし、快適度の差が小さいものでは、心理反応の違いを評価することができなかった。これらから、評価指標、ならびに評価対象とする刺激強度の選定が重要である事が解った。他の評価指標としては脳波の多チャンネル計測による脳波マップの作成やストレスホルモンの計測、f-MRI、脳磁場計測などが上げられる。これらは、いずれも研究段階の評価・解析技術であり今後の展開が期待されている。将来、新たな評価指標の開発により快適度の詳細な評価が可能となれば、快適をもたらす製品が増えてい

き人々の生活はより豊かになっていくだろう。

今後は事例的取り組みを通して得られた知見のもとに、快適性向上を狙いとした生体計測技術の向上及び研究蓄積を図りたい。

6. 謝辞

本研究を進めるにあたって有益なご助言をいただきました名古屋市立大学横山清子研究室の関係各位に感謝の意を表します。

参考文献

- (1) 経済産業省, 技術戦略マップ2008, http://www.meti.go.jp/policy/economy/gijutsu_kakushin/kenkyu_kaihatu/str2008/2_7_1.pdf
- (2) 諸永裕一, 自動車技術会, Vol.61, No.3, (2007)
- (3) 人間生活技術戦略検討会, 五感で納得できる暮らしを目指して, <http://www.ningen-seikatsu.jp/fullset/date-index.htm>
- (4) 宮崎良文, 快適さのおはなし, 日本企画協会 (2002)
- (5) 社団法人人間生活工学研究センター, 人にやさしいものづくり教育教材, (2005)
- (6) 大久保千穂, モーターファン別冊 新型bBのすべて, 三栄書房, (2006) p16
- (7) 加藤象二郎, 大久保堯夫, 初学者のための生体機能の測り方—第2版, 日本出版サービス, (2006)
- (8) 日本生理人類学会計測研究部会編, 人間科学計測ハンドブック, 技報堂出版, (1998)