

道路案内標識評価システムの開発 Development of an Evaluation System for Route Guide Signs

高松 誠治*, 桑原 雅夫**, 赤羽 弘和***, 吉井 稔雄****
Seiji TAKAMATSU*, Masao KUWAHARA **, Hirokazu AKAHANE***, Toshio YOSHII

1. 背景と研究の目的

案内標識は、道路の持つユーザインターフェイスであり、ドライバーを安全かつ快適に目的地に導くことがその目的である。効果的な経路案内は、交通を円滑化するだけでなく、ドライバーの精神的負荷を減少させることにより、快適性を増し、さらに交通事故を起こりにくくすることもできる。

個々の案内標識を特徴づける要素としては、設置位置、設置間隔、標示地名、図形デザイン、文字色、文字の大きさ等がある。これまでの案内標識に関する研究の多くは、これらの各要素についての検討を行っており、例えば、栗本ら^(*)による地名選定に関する研究、満田ら^(*)による視認性に関する研究、越ら^(*)による標識デザインに関する研究などがある。しかし、実際の道路では、様々な要素が影響するため、標識相互の関係や周辺の道路環境との関係も考慮しつつ、システムとしての機能性を向上させる必要がある。

また、案内標識の情報に対するドライバーの感じ方や反応には個人差があるため、被験者による主観的な評価には限界がある。つまり、案内標識の評価には客観性も要求され、それは人間工学的に扱われるべき問題である。

そこで本研究では、案内標識の設計を支援する評価システムとして、

- 1) 客観的で定量的な評価指標を見つける
- 2) 連続的で総合的な評価を可能にする、CGを用いた室内模擬走行装置を開発するの2点を目的とする。

2. 案内標識評価指標

案内標識のユーザインターフェイスの良否を、ドライバーの反応を通じて評価するにあたり、人間工学の分野で扱われているメンタルワークロードという概念を参考にし、指標を選定した。つまり、人間

の脳は、外部からの情報を処理するための一定の容量を持っていて、その範囲内で物事を処理、判断しているという考え方である。その容量を超えるような負荷がかかった場合、作業にミスが生じたり、疲れや不快感の原因となる。

メンタルワークロードの測定法は大きく3種に分類することができる。本研究ではこれら3種の測定方法について、独自の指標を考案した。

(1) 主観評価

まず、最も直接的な評価方法として、被験者が自らの精神状態を評価し報告する主観評価法を挙げることができる。主観評価は、その性質上、問題となる対象と回答結果の因果関係は確かであるが、反面、評価には個人差があるため結果の客観的な解釈が難しく、定量化するのも困難である。

しかしながら、メンタルワークロードの測定法としては簡便で扱いやすいため、古くから用いられている。米空軍の研究施設で開発されたSWATと呼ばれる評価システム^(*)では、航空機操縦時のメンタルワークロードを多次元のものと考え、①時間的負荷、②心的努力の負荷、③心理的ストレスの負荷の3つに分け、それぞれについて被験者に評価させている。

本研究では、運転中に次々に現れる案内標識について評価しなければならず、時間の制約があるため、単一の質問のみを行った。実験走行中、標識通過時の進路決定に対する不安の大きさ（以後、不安度）を3段階（不安度大、不安度小、不安なし）で答えさせ、これをそのまま3, 2, 1, の数値に変換して、「主観評価指標値」とすることにした。これは、牧野^(*)が1995年に行った実験と同じ方法である。

(2) 客観評価（生理指標）

つぎに挙げるのが、客観評価法である。これは、精神作業を行うときの被験者に現れる心身反応と、精神作業負荷の大きさとの因果関係を見だし、ある尺度で意味づけすることによって指標とするものである。これらの客観評価は、定量的で解析に供しやすい反面、対象（本研究では標識）以外の要因の影響を受けやすく、また、正確な計測・分析には専門的知識を要するなどの短所がある。

観測可能な心身反応には、被験者の生理反応とし

Keywords: 交通情報, 人間工学

* 学生員 工修 東京大学大学院工学系研究科
社会基盤工学専攻

** 正会員 Ph.D 東京大学 生産技術研究所

*** 正会員 工博 千葉工業大学

**** 正会員 工修 東京大学 生産技術研究所

て現れるものと、言動に反映されるものの2種がある。

前者の生理反応に着目した指標には、心電図、筋電図、脳波、発汗、皮膚電位等がある。それらの中で近年、心拍数変動指標^(*)や脳波の事象関連電位^(*)が有効な指標として注目を集めている。

本研究では、心拍数変動を指標とするため、前被験者の実験中の心電図を測定した。図1のように、心電波形にはP波からU波まで名前が付けられている。この中のR波が現れてから、次のR波が現れるまでのR-R間隔(R-R interval)を第一次のデータとして計測した。その後の指標化の過程について以下に述べる。

-第1次- R-R間隔の計測

このR-R間隔が小さいほど、心拍数が多い、つまり、「ドキドキしている」状態であると言えるが、重要なのはその変動の様子であり、このままでは意味を持たない。

-第2次- 移動平均化処理

得られたR-R間隔は、小刻みに変動しており、指標とは無関係の短期的な変動成分が多く含まれる。よって、長周期の成分だけを取り出すために、R-R間隔波形に移動平均化処理を施した。

-第3次- 不安部分の抽出

ここで問題となるのは、被験者が不安を感じている部分であるから、これを抽出する必要がある。各サンプル毎に実験全体のR-R間隔の平均値を計算し、これをゼロに置き直したときに第2次データの値が負となる部分を抽出した。

-第4次- 区間毎に集計

実験区間を、案内標識の標示・非標示に着目して、21の区間に分けた。この区間毎に、第3次データを積分し、区間長[秒]で除したものを、その区間の「心拍数変動指標値[秒]」とする。

(3) 客観評価(パフォーマンス指標)

次に、客観評価指標のうち、被験者の言動に着目した指標について述べる。これらはパフォーマンス指標と呼ばれ、被験者の言動を記述して分析するプロトコル解析法^(*)や、副次課題を用いる二重課題法^(*)などがある。

今回は二重課題法を採用することにした。これは、主課題(この場合、「標識を見て経路を判断すること」と同時に、それと同じ脳の作業領域(注意リソース)を使って行われる簡単な頭脳作業(副次課題)を課し、その遂行度(副次課題成績)によって、主課題に使われる注意リソース量を推量しようというものである。つまり、副次課題成績が低いほど、主課題の負担が大きいくということになり、経路選択に迷いが生じていると言える。

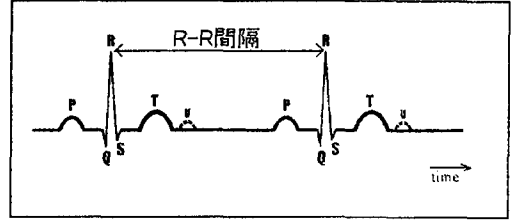


図1 心電波形

本研究では、副課題として、「3秒に1回スピーカーから発せられる1桁の数字について、奇数、偶数の判別をする」という作業を考案した。その数字が奇数の場合に「はい」と返事をしてもらい、その反応時間を計測し、第一次データとした。この反応時間が長いほど成績が低い、ということになる。以下に、指標化の過程を記す。

-第1次- 反応時間

反応時間を1/10秒程度の精度で計測した。計測値には、かなりばらつきがあり、無意味な変動が含まれる。

-第2次- 反応遅れポイント

「主課題に気を取られている部分」だけを抽出する意味で、反応が大きく遅れたものだけに注目することが妥当であると思われる。よって、反応時間が1秒以上のものを「反応遅れポイント」とし、それ以外については無視する。

-第3次- 反応遅れポイント率

生理指標と同様、21の区間に分け、その区間毎に反応遅れポイントの出現率[%]を集計し、これを「副次課題指標」とした。

3. 室内模擬走行システム

案内標識の評価・検討は次に挙げる理由により、実際の道路で行うことは非現実的である。

- 1) 現存の案内標識の設置位置や標示内容を変えて、比較検討することは不可能
- 2) 被験者の安全上の問題
- 3) 効率性の問題

これらより、実際の走行時と同じ状況を室内に仮想的に作り出して、実験を行うことにした。本研究では、筆者らが1995年に開発したシステム(RW95)を基に、千葉工業大学赤羽研究室と共同で開発した。(図2: 千葉工大における実験風景の写真)これについての説明は、別稿^(*)に譲る。

4. 案内標識評価実験

この節では、本研究で行った実験について簡単に説明する。

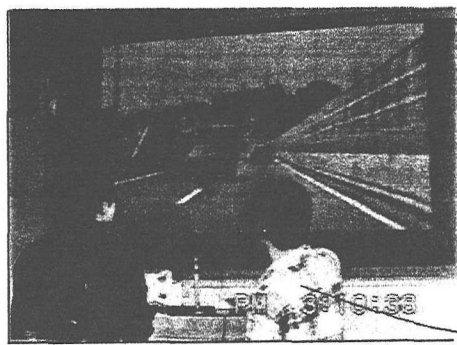


図2 室内模擬走行実験風景

(1) 実験の目的

本研究では、実際の道路で被験者に経路を判断しながら走行してもらい、データを測定する実走行実験と、室内で模擬走行装置を用いて同様のことを行う模擬走行実験を行った。これらによって得られたデータをもとに、以下の2点について明らかにすることが実験の目的である。

- 1) 今回採用した評価指標の有用性
- 2) 模擬走行装置の再現性

これらの分析結果を総合し、本研究の評価システム全体の有用性を検証する。

(2) 実験の概要

実走行実験は、図3に示すルートを対象に、また、模擬走行実験は、同ルートを再現した模擬走行装置を用いて行った。その結果得られたサンプル数を表1に示す。

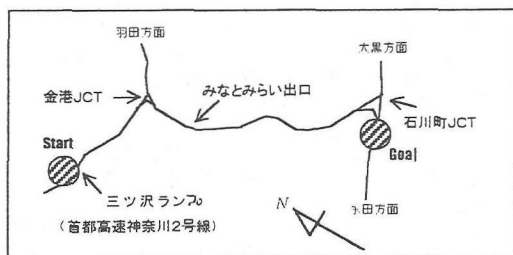


図3 実験ルート

表1 サンプル数

	副次課題 あり	副次課題 なし	計
実走行	8	9	17
模擬走行	8	7	15
計	16	16	32

5. 評価指標の有用性の検証

この節では、実走行実験によって得たデータを元に、案内標識評価指標の有用性の検証を行う。主観評価指標については、その長所、短所が明らかであり、これまでも使われてきた実績があるため、残りの2つの客観評価指標を対象に検証する。これに際しては、以下の点に着目する。

- 1) 案内標識と指標値の変動との因果関係を調べる。
- 2) 主観評価結果と照合し、指標値が、経路判断についての不安の大きさを表しているかを調べる。

まず、上記1)については、図4に示すように、両指標値とも、標識が見えている時に大きい値となっており、標識との因果関係が確認できた。

次に、上記2)について、各案内標識毎に指標値を比較したものが、図5である。これによると、心拍数変動指標は、実験前半に大きな値を記録しており、主観評価の結果と相違している。これは、実験開始直後の緊張感から心拍数が大きくなったものと思われる。「みなとみらい出口」標識以降は、主観評価指標値と高い相関があることから、この指標は、実験方法を改善することによって、有用な指標として適用することができるといえる。

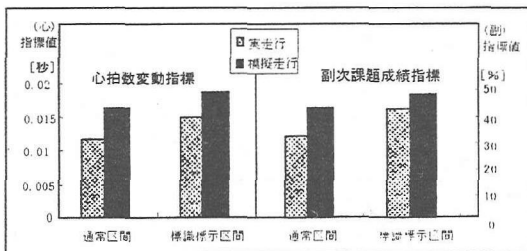


図4 標識表示区間と非標識区間の指標値

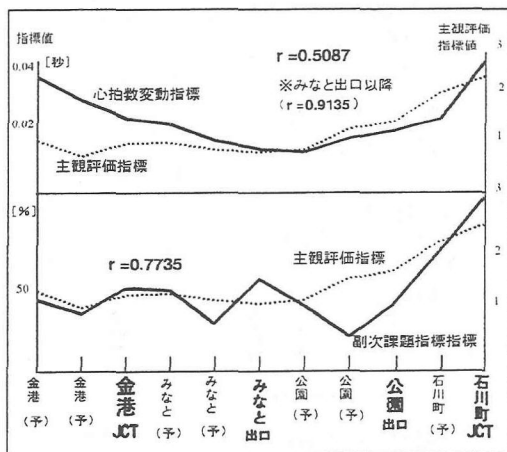


図5 各指標値相互の関係

また、副次課題成績指標については、ルート全体を通じて、まずまず高い相関係数が得られた。また、主観評価指標値と比べて、小刻みな変動を示していることより、この指標の性質として、「個々の案内標識の読解の難易度」を表していると推測することができる。

6. 室内模擬走行装置の現実再現性の検証

次に、今回開発した模擬走行装置の現実再現性について検証する。実走行と模擬走行の両実験で得られた評価指標値を比較し、双方の評価に共通性を見いだせれば、模擬走行装置が現実の道路環境（主に案内標識について）を的確に再現しているということができる。

分析の結果、図6に示すように、各指標ともに高い相関を示しており、現実再現性が確認できた。この結果の中で、各指標値ともに模擬走行実験時の方が高くなっているが、これは、模擬走行実験を無音状態の大教室で行ったため、緊張感が増してしまったためだと思われる。

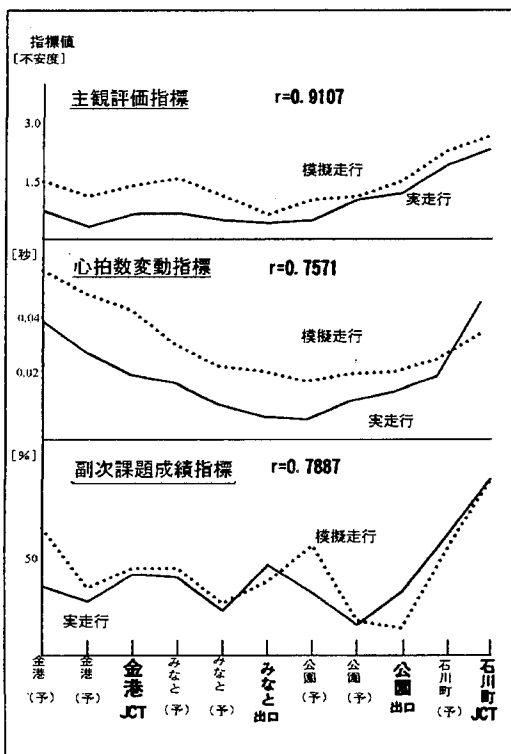


図6 実走行実験と模擬走行実験での各指標値の比較

7. 結論および今後の課題

本研究では、まず、3種の案内標識評価指標について、それぞれの特徴と有用性について明らかにした。主観評価指標は、直接的な評価指標として、依然として重要な役割をもつ。客観評価指標としての心拍数変動指標は、走行中の精神作業負荷の長期的な変動を表す指標として適しており、また、二重課題法を用いた副次課題成績指標は、個々の標識の読解に要する注意力ソース量を表す指標として適している。よって、これらの特徴をふまえて、いくつかの評価指標を組み合わせて用いることで、実際の案内標識評価指標として十分に有用である。

また、今回開発した模擬走行装置は、実走行時の状況を正確に再現しており、案内標識評価のための装置として使用するに、十分な現実再現性を有する。

今後の課題及び展望として、以下の4点を挙げる。

- 1) 心拍数変動について、案内標識とは無関係の緊張感の影響があったため、実験方法を改善し、視環境以外についても現実感を向上させる。
- 2) 指標値の定量的な解釈について、さらに検討を進め、具体的に評価値を算出する方法を見つける。
- 3) 他のルートについても実験を行い、本評価システムの移転性を確認する。
- 4) カーナビゲーションなど、応用的な経路案内も考慮に入れ、より実用性の高いシステムとして発展させる。

参考文献

- 1) 栗本典彦, 梶太郎: 「案内標識の地名選定の評価に関する一考察」, 第3回交通工学研究発表会論文集, 1976
- 2) 満田喬, 梶太郎, 大友恭也: 「案内標識の視認性に関する要因分析-案内標識の判読性走行調査結果の報告-」, 第5回交通工学研究発表会論文集, 1980
- 3) 越正毅, 富岡征一郎, 福島洋介: 「案内標識のデザインの実験的研究」, 交通工学 第4巻6号, 1969
- 4) 芳賀 繁: 「メンタルワークロードの測定と注意力ソースの測定」, 人間工学 Vol.29 No.6, 1993
- 5) 牧野博明: 「道路案内標識評価システムの開発」, 東京大学修士論文, 1995
- 6) 桑原雅夫, 赤羽弘和, 牧野 博明, 白石智良: 「道路案内標識評価システムの開発」, 交通工学 第31巻4号, 1996
- 7) KIM J. VINCENTE, D.CRAIG THORNTON, NEVILLE MORAY: 「Spectral Analysis of Sinus Arrhythmia: A Measure of Mental Effort」. HUMAN FACTORS, 1987
- 8) 前掲4) など
- 9) 日色真帆: 「都市空間の経路探索に関する研究」, 東京大学博士論文, 1993
- 10) Arthur F. Kramer, Christopher D. Wickens, Emanuel Donchin: 「Processing of Stimulus Properties: Evidence for Dual-Task Integrality」, Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 1985
- 11) 飯島護久ほか: (本論文集掲載予定)