

視覚障害者の歩行時における生体情報と認知地図に関する研究*

A study on a living body information of the visually disabled
while they are out and the map of cognition*

野田宏治**・小倉俊臣***・栗本譲****

By Koji NODA**・Yoshiomi OGURA***・Yuzuru KURIMOTO****

1. はじめに

交通バリアフリー法が施行され高齢者や身体障害者にとって公共交通の利便性が求められるようになってきた。しかしながら交通バリアフリー法が適用される範囲は公共交通機関と乗降者数が 5000 人以上の駅の整備、また駅周辺 500m~1km の歩道のバリアフリー整備などを求めるにとどまっている。労働厚生省が平成 8 年 11 月に行なった推計によると 18 歳以上の視覚障害者は 305,000 人となる。身体障害者・児実態調査結果による視覚障害者が外出するうえで困る項目として、「車などに危険を感じる」が 45%、「交通機関の利用が不便」が 38%、「道路や駅が利用しにくい」と「利用する建物の設備（階段、トイレ、エレベーター等）が不備」が 27%となっている。

誰しもが健康で、文化的な生活を営む権利を持っている。障害者が生涯のあらゆる段階において能力を最大限に発揮し、自立した生活を目指すことが重要である。そのためには、地域での自立が必要であるが、障害の複重化に伴い自らの努力では困難な場合も多く、今後は行政や地域住民を含めた社会全体での支援活動がますます必要になってきている。

本研究では、歩行途中で地図を構築するための歩行案内情報を提供する歩行案内システムを提唱し、豊田市内でそのシステムを用いた視覚障害者を被験者とする歩行実験を行った。実験では歩行時間や被

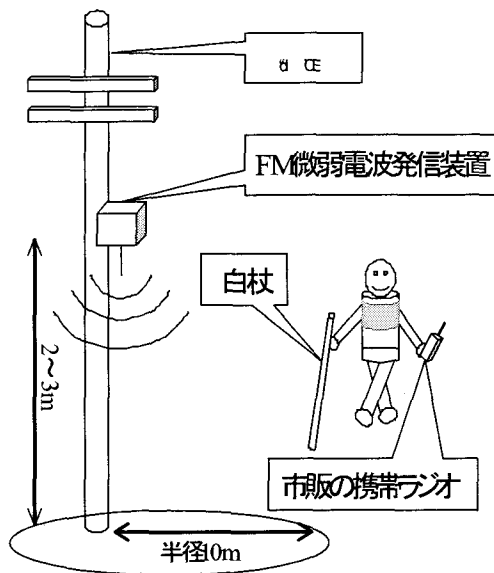


図-1 歩行案内システムの概念図

験者の生体情報として心拍、脳波を計測した。また被験者の歩行に関するアンケート分析も行い、両者の分析結果から被験者をグループ化し、提唱する歩行案内システムの誘導評価とグループごとに求めた生体情報の特徴を明らかにした。

2. 歩行案内システム

本研究で提唱する歩行案内システムの概念図を図-1 に示す。本システムは、歩行途中で歩行案内情報を提供する FM 微弱電波発信装置とその電波を受信する市販の携帯ラジオとで構成される。FM 微弱電波発信装置は、30cm 立方の大きさで重量は 7.5Kg、街路灯などの高さ 2.5~3.0m に共架できる。また電源には太陽電池を用い浮動充電が可能で、直射日光がなくとも連続 8 日間は案内情報を繰り返し案内することができる。微弱電波の受信範囲は装置から半径約 10m 程度で、受信範囲に入ると音声によ

* キーワーズ：交通弱者対策、総合交通計画

**正員、博(工学)、豊田工業高等学校校環境都市工学科
(〒471-8525 愛知県豊田市栄生町2-1,
TEL0565-36-5878, FAX0565-36-5878)

***正員、工修、(財)豊田都市交通研究所
(〒471-0025 愛知県豊田市西町4-25-18,
TEL0565-31-8551, FAX0565-31-9888)

****正員、工博、名城大学理工学部建設システム工学科
(〒468-8502 愛知県名古屋市中天白区釜釜口1-501,
TEL052-832-1151, FAX052-832-)

る歩行案内情報が得られる。

提案する微弱電波発信装置は FM 微弱電波を送信することができ、それぞれの案内情報は独立の地点情報として機能している。歩行案内システムは点情報として提供され、都市内の主要地点（例えば交差点付近等）に設置することで、都市内をネットワーク化することができる。

ある地点で目的地方向の案内情報を聞き、次の案内情報提供地点までの認知地図を作成した上で、それを頼りに次の地点まで移動する。移動中は周囲の道路交通状況に神経が集中できるので歩行中の安全が保たれる。次の案内情報提供地点に近づけば再び携帯ラジオから新しい案内情報が得られ、利用者は歩行している位置が確認できる。

都市内の主要地点に設置される微弱電波発信装置は基本的に表-1示す5波のチャンネル（CH）を備えている。CH1は全体情報としてその地点の周辺情報と各方向のCH情報を、CH2～5はその地点から東、西、南、北方面に関する施設情報や地図情報を提供する。

3. 歩行実験

3. 1 歩行経路

歩行実験は平成 12 年 7 月 27 日、図-2 に示す豊田市駅前をスタート地点、豊田市役所入口を目的地とする区間で行なった。区間長は約 550 m である。歩行経路のスタート地点（測点 1）は豊田市駅の駅舎を出たペDESTリアンデッキ上で、測点 1 から測点 2 へはさらに階段で 4 m 程上り水平移動の後、7 m 程の高さから 2 段階の階段で下りて地上に至る。測点 2～測点 5 までは歩道上に誘導ブロックが設置され、その間 4 本の道路を横断しなければならない。なお信号交差点は 1 か所だけで、歩道の沿道は銀行や商店、住宅が混在している。自動車交通量は信号交差点の交差側道路を除いて多くはない。

3. 2 被験者と生体情報の計測

実験に参加した被験者は豊田市在住の視覚障害者の方で男性 8 名、女性 2 名、年齢は 40～70 歳の計 10 名である。いずれの被験者も日頃白杖を用いて一人で外出することができる。今回の実験では、ビデオを用いて被験者の行動を録画し、実験終了と同時にアンケート調査を行った。また、歩行中の生体

表-1 認知情報

順位	CH1 の情報内容
1	各地点名と情報の長さ
2	各地点周辺の状況とチャンネル
3	地点名における方位と方向
順位	CH2～CH5 の情報内容
1	この地点名と情報の長さ
2	次の地点までの距離
3	次の地点までの周囲の様子
4	障害物と設置誘導ブロック

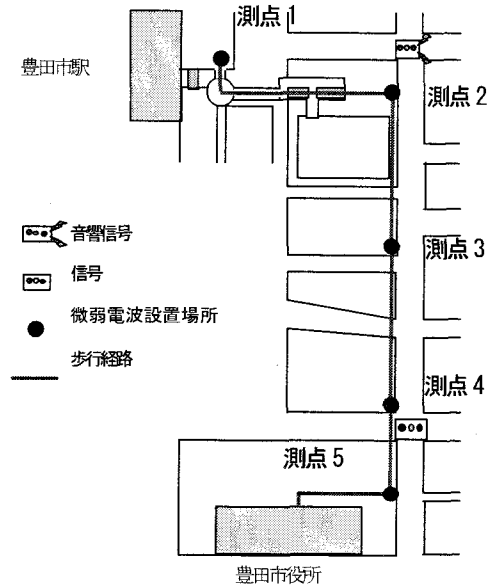


図-2 実験場所

表-2 意識調査項目

調査項目	選択肢
歩いた経験	①あり ②なし
外出手段	①自動車 ②徒歩 ③公共交通
病気の有無	①あり ②なし
外出回数	①多い ②少ない ③なし

情報を計測するため被験者にメモリー心拍測定器（株GMS 社製 LRR-03）や脳波測定器（株GMS 社製 MWM-01）を取り付けて歩いてもらった。心拍計の装着では心拍の計測のみが可能で、脳波計の装着では心拍と脳波の両方が計測できる。

表－３ 行動時間と生体情報（平均値）

被 者 区 分	行 動 時 間 ・ 心 拍					脳 波					
	実験中	旅行中	歩行中	聞いている 時	迷っている 時	周波数	実験中	旅行中	歩行中	聞いている 時	迷っている 時
A	1765.8	572.5	568.5	1083.3	110.0	δ	26.2	29.0	28.9	26.1	27.3
	11.8	10.9	10.9	12.4	13.0	θ	32.8	36.5	36.6	32.6	30.6
	8.4	6.8	6.9	9.0	7.4	α	16.0	18.2	17.4	13.7	17.4
	12.5	10.8	11.6	12.6	11.2	β	25.2	24.2	25.0	28.9	24.9
B	2546.0	803.7	791.6	1218.5	523.8	δ	29.6	26.2	26.1	30.6	28.8
	9.5	9.1	9.1	9.8	9.9	θ	33.0	27.8	29.8	34.2	32.4
	13.5	14.1	14.3	13.5	13.9	α	11.3	10.7	10.7	10.7	10.8
	15.2	15.2	16.1	16.5	16.4	β	26.1	35.5	33.7	27.0	28.1
C	3350.7	1071.1	1017.3	1900.4	579.1	δ	31.8	31.8	31.8	31.8	32.4
	6.3	6.4	6.3	6.7	6.8	θ	39.2	39.3	39.8	33.6	40.1
	21.7	21.6	21.6	22.0	22.9	α	9.4	9.1	9.3	9.2	10.2
	21.6	22.8	22.5	22.9	24.0	β	19.6	20.0	19.2	22.4	17.3

左表データ：各被験者の上から時間（sec）、エントロピー（%）、LF/HF、HF（msec²）

4. 被験者区分と行動時間

4. 1 被験者のグループ化

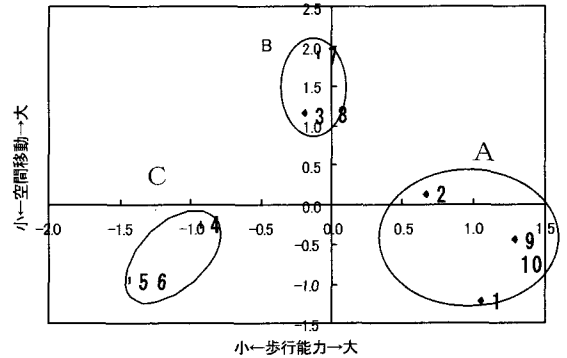
歩行実験終了後に被験者に対し、表－２に示す項目の聞き取り調査を行なった。それらのデータを数量化Ⅲ類で分析した結果、被験者を図－３に示す３つのグループに分類することができた。図中の番号は被験者を示している。意識調査結果などから、図－３の横軸は歩行能力の大小、縦軸は空間把握の大小と定義することができた。

4. 2 行動時間

数量化Ⅲ類で分類したグループごとに実験で得られた行動時間・心拍、脳波の平均値を求めた。表－３にその結果を示す。なお、被験者番号 1, 4, 5, 8, 10 の５名は心電計のみの装着であったため脳波の測定はできていない。

行動時間の区分を以下のように定義した。「実験中」は実験のスタートから終了までの時間を、「聞いている時」は携帯ラジオで音声情報を聞いている時間、「迷っている時」は歩いている時に迷っている時間、「歩行中」は目的地に向かって歩いている時間、「旅行中」は歩行中の時間に信号などで立ち止まる時間が含まれている時間である。

実験中最も長い時間を要しているのが C グループ 3350 秒、最も早く実験を終了しているのは A グループの 1766 秒となっている。歩行時間は最長が C グループの 1017 秒、最短が A グループの 569 秒



図－３ 数量化３類による被験者のグループ化

表－４ 各行動時間の割合

被験者区分	行動時間（%）			
	旅行中	歩行中	聞いている時	迷っている時
A	32.4	32.2	61.3	6.2
B	31.6	31.1	47.9	20.6
C	32.0	30.4	56.7	17.3

である。ところが情報を聞いている時間と歩行途中に迷っている時間についてはその順位が他の「実験中」「歩行中」とは異なる。

表－４は「実験中」における各行動時間の割合をしたものである。各グループとも全体に占める歩

行時間の割合は 30～32%程度で共通していることがわかる。従って聞いている時間と迷っている時間を足し合わせた割合が各グループとも同じとなる。歩行能力が高い A グループは案内情報をしっかり聞いて認知地図を組み立て、僅かな迷いだけで目的地に到達している。一方他の 2 グループは案内情報がある程度聞き、迷いながら歩行している。

5. 生体情報

5. 1 心拍とエントロピー

心拍は解析システムにより、心拍数より 10 秒間隔で心拍数、エントロピー、低周波領域 LF (Low Frequency 0.04～0.15Hz)、高周波領域 HF (High Frequency 0.15～0.40Hz) と LF/HF を求めることができる。表-3 に示す LF/HF、HF およびエントロピーは次のような性質を持つ。HF は副交感神経（休息の神経）活動を反映し、LF/HF は交感神経（戦いの神経）活動を反映し、交感神経と副交感神経とは逆の働きをされると言われている。またエントロピーはその値が大ならば情報量が小、その値が小ならば情報量が大きいことを示している。

表から HF 値、LF/HF 値ともにその値は、すべての行動時間区分で A、B、C グループの順に高くなり、歩行中の時間と同じ傾向にあることがわかった。LF/HF の値をみると、どの行動時間区分においても C グループが最も高く、C グループ被験者は歩行時にかなり緊張していることがうかがえる。

エントロピーについては各行動時間の区分ともに、A、B、C の順に高い値から低い値へと変化している。従って A グループは事前に多くの情報を得て歩行し、一方 C グループは事前に少ない情報を得て歩行していることがわかる。

5. 2 脳波

実験で得られた脳波は表-3 に示す δ 、 θ 、 α 、 β の 4 種類である。脳波の性質は以下の通りである。

δ 波：脳波の 1～4 Hz で深い熟睡期出現し、呼吸が深く、心臓の鼓動と体温だけではなく血圧が減少する。

θ 波：脳波の 4～8 Hz で入眠初期に出現し、浅い眠りのときやまどろみの状態である。

α 波：脳波の 8～13Hz で脳がすっきりしてリラックス時に発生する脳波である。

β 波：脳波の 13～30Hz で何か気にかかることがあり、不安やイライラで落ち着かない状態の時に発生する。

表から δ 波については各グループとも実験中の行動区分による変化は大きくみられない。 θ 波については、A グループが歩行中に最も高く、聞いている時や迷っている時は低い。B グループは聞いている時が最も高く歩行中は低くなっている。C グループは聞いている時が低く歩行中や迷っている時は高い。リラックス時に発生する α 波は、A グループの値が最も高く、C グループが最も低い。不安な時に発生する β 波は、B グループが最も高く、次いで A グループ、C グループとなっている。

脳波においてもグループごとの特徴が表れていることがわかった。

なお今回の実験において、 δ 、 θ 波が非常に大きな値を示したのは、周囲の電線や自動車、また携帯するラジオからの微弱電波の影響を受けたことによるものと思われる。

6. まとめ

視覚障害者を被験者とした歩行案内システムの実験を実施し、認知情報の有効性の評価とその実用化に関する研究を進めた結果、以下のことが明らかとなった。

- (1) 音声上で提供した案内情報は、視覚障害者に十分判断しうる認知情報であり、実験中の歩行時間・エントロピー・LF/HF および HF の値からも確認できた。
- (2) 日常の歩行に関する簡単なアンケートを行い数量化Ⅲ類による分析から、視覚障害者の歩行分類区分が可能となった。
- (3) 心拍数は個人差があり、心拍数のみでは比較できないが、エントロピーが計測できるならば、エントロピーを用いることで、歩行分類区分が可能となった。

今後多くの実験を重ねることで、よりの確な認知情報の提供を目指していきたいと考えている。

最後に、本研究を進めるにあたり平成 12 年度名城大学総合研究所総研「推進」および平成 12 年度文部省科学研究費補助金の補助を受けました。記して感謝します。