

盲人の障害物知覚とナビゲーション

伊藤精英¹⁾ 関喜一²⁾

¹⁾日本学術振興会特別研究員・東京大学 ²⁾生命工学工業技術研究所

本論文は、生態心理学的観点から、盲人のナビゲーションにおける音響情報の役割を扱う。盲人1名の地下通路における歩行の観察が報告される。彼女は地下通路の壁面に沿って自由に歩行し、壁面が切れた所(曲がり角)で停止した。歩行の観察から、被験者が実験場所によって異なった歩行線を描いた。さらに、実験場所に関わらず、壁面の切れ目を正確に知覚した。これらのことから、彼女がナビゲーション中、音響情報を利用していることが示された。そして、障害物知覚に関する音響物理・心理的メカニズムが詳述される。

Obstacle Perception and Navigation by Blind People

Kiyohide Ito¹⁾ Yoshikazu Seki²⁾

¹⁾JSPS Research Fellow University of Tokyo Guest Researcher of NIBH

²⁾National Institute of Bioscience and Human Technology

This paper aimed at demonstrating the role of acoustic information on navigation by the blind. One observation that one blind female walked through in the passageway of subway station was reported. The task was to walk along with the wall and stop at the end of the wall. The difference between trajectories of walking in two experimental area was found. The result indicates that the subject used acoustic information during navigation. In the later half of this paper, it was focused on the mechanism of so-called obstacle perception (sense), one type of acoustic information.

視覚刺激を知覚・認知不可能な者(以下、盲人とする)が目的地をめざして移動(主として歩行)することをナビゲーションと呼ぶことにする。盲人のナビゲーションの訓練(歩行訓練)を行う際、従来、認知地図の獲得と環境情報の利用とが重要とされてきた[1]。認知地図は、ナビゲーション中に、自己の地理的位置と目的地との関係を特定するための参照枠である。故に、正確な空間関係を反映した認知地図の獲得が正確なナビゲーションに不可欠とされている。従来の研究によると、盲人が正確な認知地図を獲得することは容易ではないとする結果と視覚刺激なしに認知地図の獲得は可能であるとする結果とが報告されており、結論は未だ出されていない[2]。一方、環境内に存在する情報の内、利用可能なものは、①触覚情報(例えば、地面や建物などの構造など)、②聴覚情報(音源や建物などの構造)、そして③嗅覚情報(商店などの種類)など多岐にわたる[3]。

人のナビゲーションに関する認知心理学的理論をみると、認知地図を重視する理論がある一方で、認知地図の質に関わらず、移動に伴って環境の対象物間の関係を特定する情報を知覚できれば、ナビゲーションは可能であるとする主張がある。これは Gibson のいわゆる生態学的アプローチである。Gibson[4]によると、人の移動（すなわちナビゲーション）に協応して環境の見えの変化が生起する。これが光学的流動(optic flow)である。人などの移動している動物はこの流動の中に、一定の法則的变化、あるいは変化パターンを知覚することができる。これが、不変項(invariants)である。知覚器官を通してこれら、いわば変化項(variants)と不変項(invariants)とを環境中から取り出すことがナビゲーションを支持しているとする主張である。つまり、移動行為により知覚的情報が取り出されるが、同時に、それら知覚情報が継起的行為を決定する。

移動と知覚との共変関係は聴覚的ナビゲーションにも適用可能である。つまり、移動行為により音響情報を取り出されると共に、それらが継起的移動行為を決定する。なお、音響情報とは、音場により伝達される建物の空間的構造や建物間の関係などの環境構造を特定する情報である。次に、単純な歩行課題を用いて、移動行為と環境音との関係を推定する試みを報告する。

曲がり角の発見と音響環境との関係

1. 方法

- 1) 被験者： 実験場所に未知な先天性盲人女性 26 歳
- 2) 実験場所： 東京駅「自由通路」の 2 地点とした。図 1 に地点 1 及び地点 2 の模式図を示す。図にも示すように、地点 1 には、壁面の切れ目付近の天上に排気口がある。それに対し、地点 2 では、そのような音源が切れ目付近にはない。
- 3) 手続き： 被験者は、地点 1 では、壁面を右側面にして、地点 2 では壁面を左側面にして壁面に沿って自由に歩行した。そして壁面の切れ目、曲がり角に到達した時点で停止した。各地点で 4 試行を実施した。スタート地点はランダムとした。全ての試行はビデオカメラにより記録され分析された。
- 4) 測定： 被験者の背面上部・床面及び壁面に付けられたマーカーにより①歩行速度、②壁面から被験者の正中線までの距離が算出された。さらに、③壁面の切れ目と被験者の足先との距離が測定された。

2. 結果

本論文では、第 1 試行と第 4 試行について報告する。なお、詳細な分析については佐々木他[5]を参照されたい。

- 1) 歩行線： 図 2 に、第 1 試行における地点 1・地点 2 ごとの歩行線を示す。これらを見ると、壁面の切れ目から 10m ± 2m の前後の位置で軌道が類似した変化を起している。スタート後、壁面へ接近したり遠ざかったりしつつ被験者が進行している。10m の周囲を過ぎる頃から地点 1 の歩行線は壁面へ漸次接近するよう見えるが、地点 2 の場合の軌道は遠ざかるよう見える。歩行線を包括的に見ると、切れ目に向かって接近して行くに連れて、地点 1 の歩行の場合壁面と被験者との距離が減少している。

一方、地点2の軌跡は、逆に、壁面から離れる傾向にあるように見える。

図3に、第4試行における歩行線を地点ごとに示す。歩行開始後、切れ目まで約10m頃までは、程度の差はあるものの、両地点での軌道が壁面から離れる傾向にある。そして10mを境に第1試行と同様の軌跡を描く。ただし、図2と図3とを比較して見ると、第1試行に比して第4試行の軌道には壁面への急激な接近や回避が見られない。複数の試行を重ねることにより、歩行軌跡は概して、平板になっているように見える。つまり、壁面との距離を一定に維持しながら歩行する方向へと変化しつつあることが示されたといえる。

- 2) 切れ目知覚の正確性： 第1試行では両地点共に停止地点と切れ目との誤差は20cmであった。第4試行になると、被験者は切れ目と同位置、つまり誤差はゼロとなった。壁面の切れ目を予期的に知覚して、行為を制御しなければ正確に停止することはできない。4試行を通じて、被験者は壁面の切れ目（曲がり角）を予期的に知覚することが可能となったと考えられる。

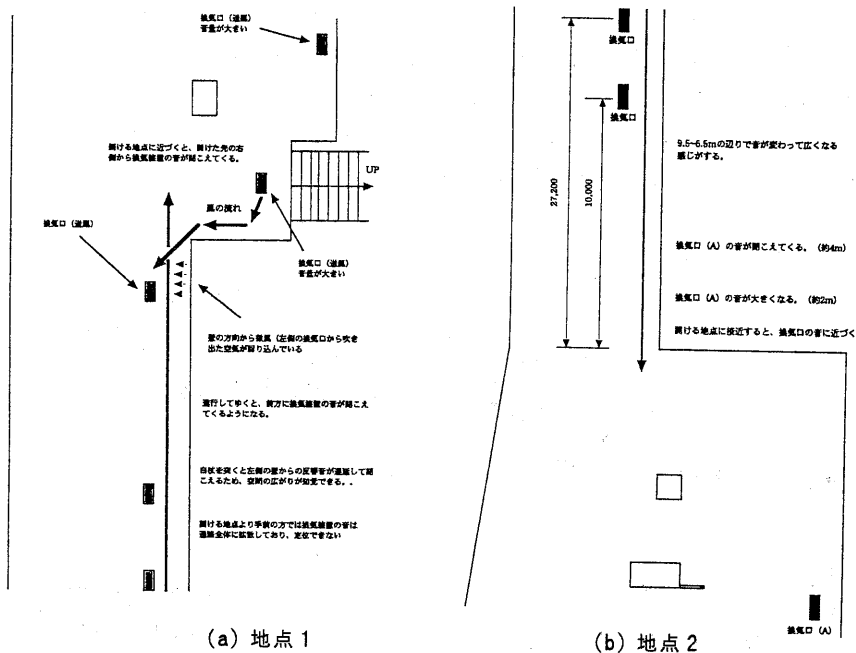


図1 実験場所の模式図

3. 考察

地点による歩行線の差異に関与する要因は幾つか考えられる。第1の可能性は、環境騒音の違いである。地点1には、排気口が音源として存在しているが、地点2付近にはこのような音源が認められない。直接音源の存在の有無が歩行線を決定したとも考えられる。第2に、図2に見られるように、排気口からの空気の流れを情報として利用したことが考

えられる。地点1では、空気の流れがあるが、地点2では、排気口からの空気の流れが見られない。このことが歩行線を異にしたとも考えられる。第3に、床面の肌理の違いである。しかしながら、この地下通路は共にタイル張りであり、地点による差異は見られない。従って、建築物の構造の違いによる環境音及び空気の流れの差異が歩行線を規定したと考えられる。

環境音は音源からの直接音だけではない。地下通路には反射音や残響音なども存在している。第1試行において、切れ目の発見は20cmの誤差であり、極めて正確に知覚されていることを示している。このような壁面の切れ目(曲がり角)の知覚は、主として、後述する障害物知覚により可能となっており、この種の知覚には直接音だけでなく反射音が利用されている。

さらに、同一の環境下で課題を複数回繰り返すことにより、歩行線も壁面の切れ目知覚も変容している。両者ともに地点間の差異が失われる傾向にある。Gibson[6]の言う知覚学習(perceptual learning)が進行したと考えられる。知覚学習とは、刺激の物理的変化と知覚的变化の対応関係及び知覚的变化と移動行為との対応関係との学習である。

統制された仮説検証実験ではないため、関与する要因は複数考えられる。しかしながら、少なくとも、排気口の設置位置など建築物の構造が盲人の移動行為に関与していることは示されたといえる。さらに、4試行を通じて音響情報と行為との対応関係の学習が成立していることも示唆されている。では、以下に、音響情報の主要な要素である障害物知覚のメカニズムについてこれまでの研究知見を概観する。

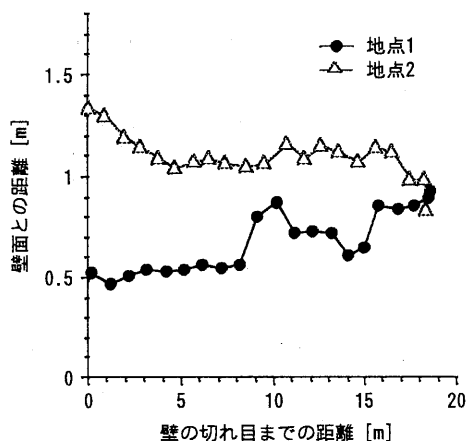


図2 盲人の歩行軌跡 (第1試行)

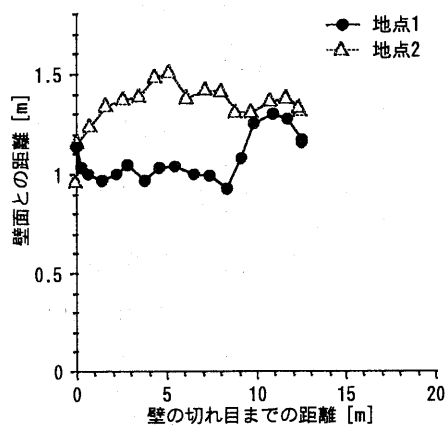


図3 盲人の歩行軌跡 (第4試行)

障害物知覚

18世紀より、盲人には接触することなしに環境を知覚する能力が備わっていることが知られていた[7]。障害物知覚(obstacle perception または obstacle sense)とは、接触することなしに物体の方向や距離などを知覚することの総称である。現在、障害物知覚は音響物理的要因により生起する音場の心理的印象の変化により説明可能である。心理的印象の変化メカニズムは、物体・直接音源・観察者の空間的關係により決定される。なぜならば、聴覚

印象をもたらす音響物理的現象（反射・回折・遮音など）はこれら3者の空間関係に依存するからである。

盲人が実環境下でナビゲーションする際、しばしば白杖のタッピングや足などによる自発音を発する。そのため、通常、自発音及び環境騒音の両者を直接音源として利用することにより、物体を知覚していると考えられる。しかしながら、メカニズムを整理するため、ここでは、環境騒音を利用する場合と自発音を利用する場合とに分類して述べることにする。なお、詳細は関[8]を参照されたい。

1. 環境音を直接音源とする障害物知覚

図4に概略を示す。

- 1) 遮音による音像の喪失： 観察者と音源との間に物体が存在している場合、観察者に到来する音は、物体により透過・回折を受け、音圧が減衰する。音圧の損失は一般に高域の音に顕著となる。従って、観察者が物体に接近するにつれて、ラウドネスの減少が顕著となり、音像が消失する。
- 2) 先行音効果による反射音像の消失： 音源と物体との間に観察者が位置する場合、観察者は直接音とそれが物体から反射して到来する反射音とを感知する。反射音の直接音に対する遅延時間がエコー検知限(echo threshold)よりも長ければ、音像は直接音方向と反射音方向とに2分される。観察者が物体に接近すると、遅延時間が検知限よりも短くなり、先行音効果(precedence effect)により反射音像が消失する。さらに、物体に接近し1mをきると、いわゆる「圧迫感」という皮膚感覚を生じる。
- 3) カラーレーションによる音質の変化： 音源と物体の間に観察者が存在している場合、観察者に到来する直接音と反射音とが位相干渉し、物体との距離に依存した楕円形スペクトル構造を生起する。観察者はこの時、物体までの距離に逆比例するピッチを知覚する。この音響心理現象がカラーレーション(coloration)である[9]。

2. 自発音を直接音源とする障害物知覚

図5に概略を示す。

- 1) 反響音像に基づく障害物の探知： 直接音源は一般に、観察者の制御下にあり、且つ観察者までの距離もほとんどない。そのため、他の環境音により直接音がマスキングされにくい。この時、自発音とその反響音の時間遅延が利用可能となる。物体より観察者が6mから15m以上離れていると、直接音像と反響音像とが分離して聴取され、反響音像方向に物体を知覚できる。
- 2) 先行音効果による反響音像の消失： 観察者が6から2ないし1mまで接近すると、上述した先行音効果により反響音像が直接音像方向に移動する。そのため反射音像が消失する。
- 3) 音像のピッチ上昇： 2ないし1mよりも物体に接近すると、直接音像のピッチの上昇が知覚される。これは物体までの距離と対応関係にあり Thurlow ピッチと呼ばれている[10]。

まとめ

実環境中の盲人によるナビゲーションの記述から、環境音が移動行為に影響していること、特に、反射・反響音が壁面の存在やその切れ目の特定に果たす役割が大きいことが明らかとなった。さらに、そのような環境知覚を可能にする音響物理・心理現象についても概観した。

我々の今後の課題は、①盲人が獲得している音響情報と行為との知覚学習及び音響物理的要因と音場の心理的变化との対応関係の学習課程を明らかにすること、②体系的な学習プログラムの開発である。これらを達成できれば、盲人にとって安全且つ合理的なナビゲーションを補償する街路環境や屋内環境のデザインに対しても示唆を提供できると思われる。

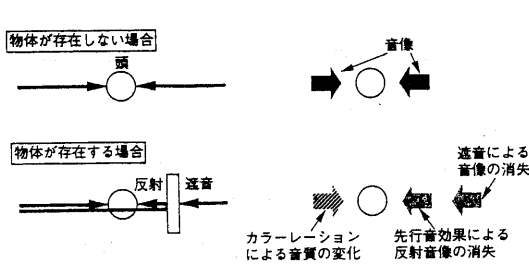


図4 環境音を用いる障害物知覚の心理的要因

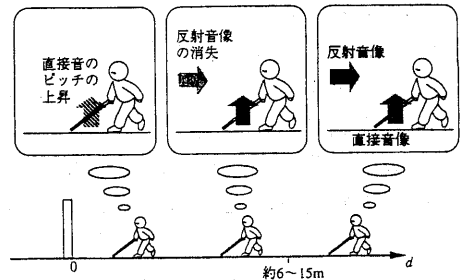


図5 自発音を用いる障害物知覚の心理的要因

参考文献

- [1] B. B. Blasch, W. R. Wiener, and R. L. Welsh, Ed., *Foundation of Orientation and Mobility Second Edition* AFB Press, New York, (1997)
- [2] 伊藤精英, どのようにして盲人は環境内を移動するのか: ウエイファインディングに対する生態心理学的アプローチ. *認知科学*, 5, pp.25-35 (1998)
- [3] Passini, R., Delisle, J., & Langlois, C. Spatial mobility of the visually handicapped active person: A descriptive study. *Journal of Visual Impairment & Blindness*, 80, pp.904-907 (1986)
- [4] ギブソン J. J. (古崎 敬・古崎 愛子・辻 敬一郎・村瀬 旻 訳) 生態学的視覚論: ヒトの知覚世界を探る. サイエンス社, 東京, (1985)
- [5] 佐々木正人・伊藤精英・棚橋勝敏・葉真寺哲也・宮本英美・堀口裕美, 駅地下通路のナビゲーションを可能にする情報: 視覚障害者のわざの解析. 第4回交通調査・研究発表会要旨集, pp.24-28 (1997)
- [6] ギブソン E. J. (小林芳郎 訳) 知覚の発達心理学. 田研出版, 東京, (1983)
- [7] ディードロ D. (平岡昇訳) 盲人に関する手紙 (小場瀬卓三・平岡昇監修) ディードロ著作集 第一巻 哲学1 法政大学出版局, 東京, pp.98-109 (1976)
- [8] 関喜一, 障害物知覚の体系的聴覚訓練の提案. 第24回感覚代行シンポジウム, pp.5-12, (1998)
- [9] Arias, C., Romas, O. A. Psychoacoustic tests for the study of human echolocation ability. *Applied Acoustics*, 51, pp.399-419 (1997)
- [10] W. R. Thurlow, Pitch perception for certain periodic auditory stimuli, *Journal of Acoustical Society of America*, 22, pp.132-137 (1955)