

大阪大学大学院 学生員 塚口博司
大阪大学工学部 正員 毛利正光

1 はじめに 歩行者の流れを巨視的にとらえた歩行速度・歩行者密度・歩行者交通量の関係についての解析はすでに報告したが、本稿は、歩行者流を微視的にとらえて歩行者の追越し現象等について分析するとともに、歩行空間のサービス水準について若干の考察を行ない、歩道設計の基礎資料とするものである。

2. 歩行者の追越し現象

2-1 歩行者の追越し現象解析の意義 歩行者交通はトリップ長が短かく、各歩行者の速度の差も小さく、追越しに危険を伴なうこともないから、追越し現象解析の意義は自動車の場合とはやや異なる。歩行者の追越し挙動は歩行者の一種の行動の自由性を表わすものであるから、歩行環境を歩行速度等に基づくよりも更に詳しく検討する場合に追越しについての解析は重要となろう。

2-2 追越し現象の実測 歩行者の流れを鳥瞰できる位置に設置した8ミリカメラを用いて追越し現象を実測した。調査の概要は文献1に示すとおりであるが、測定区間長は20m、歩道幅員はここでは4.5mである。ある歩行者に対して、その人よりも測定区間に早く到着し、しかも、測定区間を出るのはその人よりも遅い歩行者が存在する場合にその歩行者は追越しをしたとする。したがって、ある2人の歩行者が相互に追越しを行なう場合は含まれないが、このような現象は20mの測定区間内ではまれなことである。フィルムを肉眼で解析する場合、追越し回数を数えることは非常に困難なので追越しを行なった人数を測定し、追越し率を下記のように定義した。

$$\text{追越し率} [1/20m] = \text{追越しをした人数} [人/分/20m] / \text{歩行者交通量} [人/分]$$

この追越し率と歩行者密度の関係は図-1に示すとおりである。密度が0.2人/m²程度までは追越し率は急激に増加するが、それ以降は1.5人/m²まではほぼ一定で約0.5となる。追越し者数と交通量の関係を示した図-2より、図-1で追越し率が一定値に達するまでの範囲では追越しがあまり行なわれていないことがわかる。この範囲では追越し挙動がどの程度存在するかといった検討はあまり意味のあることではなく、歩行者は追越しをしなくても自由に歩行できる状態にあると考えられる。

2-3 シミュレーションの利用 歩行環境を評価するためには、追越し回数を求める必要がある。しかし、上述のような実測は非常に困難であるから、歩行者の挙動を表わすシミュレーションモデルを作成し、追越し人数から追越し回数への変換を行なった。歩行者交通量Qと追越し回数Nの平方根の関係は図-3に示すとおりである。Qと $\sqrt{N}$ とが比例している範囲は交通量が250人/分程度までであり、その後は追越し回数の増加率は減少している。この

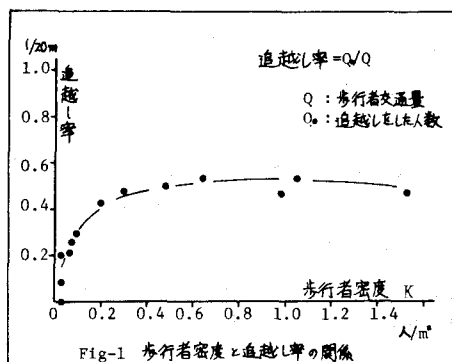


Fig-1 歩行者密度と追越し率の関係

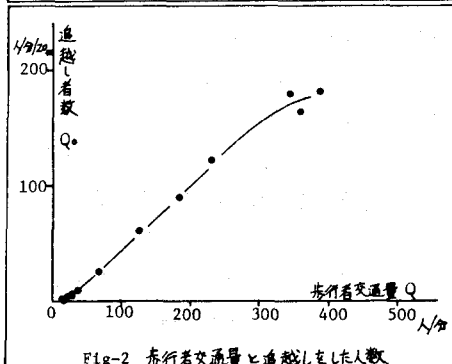


Fig-2 歩行者交通量と追越しをした人数

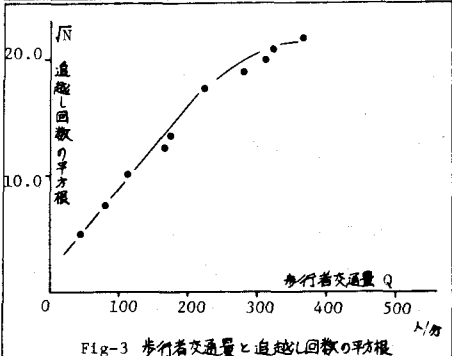


Fig-3 歩行者交通量と追越し回数の平方根

交通量はおよそ 0.8 人/m^2 の密度に相当する。さて、歩行者が相互に拘束されずに自由に歩行できる状態にあるならば、

$$N \propto Q^2 \quad (\propto \sqrt{N} \propto Q)$$

が成立すると考えられるから、上式が成立しなくなる点は歩行の自由性が拘束されはじめる点であると考えられる。

3. 歩行者の到着分布特性 歩行者の到着状態について考察する。到着分布形は一般にアーラン分布に適合するといわれているので、この分布形との適合度を検討することとし、到着間隔分布と到着人数分布は相互に変換可能なので、本稿の実測方法によって求めやすい到着人数分布(1秒間当り)

$$P_n = e^{-\lambda l} \sum_{i=0}^{n-1} \left\{ \left(1 - \frac{i}{l}\right) \frac{(\lambda l)^{nl-i}}{(nl-i)!} + \left(1 - \frac{i+1}{l}\right) \frac{(\lambda l)^{nl+i+1}}{(nl+i+1)!} \right\}$$

について考えることにする。各密度ごとに χ^2 検定を行なって χ^2 値が最小となるフェイズ l を求め、このフェイズと歩行者密度との関係を表わしたのが図-4である。幅員が4.5mの場合には 0.6 人/m^2 程度までは $l=1$ のアーラン分布すなわちポアソン分布に適合し、 1 人/m^2 では $l=2$ 、 1.5 人/m^2 では $l=3$ のアーラン分布に適合している。 0.8 人/m^2 付近では $l=1$ 、 $l=2$ との適合度がほぼ等しくなり遷移領域があることがわかる。一方、幅員が2.2mの場合には 0.3 人/m^2 以下においても $l=2$ となるので、フェイズは歩道幅員と歩行者密度によって変化すると考えられる。フェイズは本来、待ち行列理論における「到着調整機関」であるが、歩行者流においては、歩行者が相互に影響を及ぼし行動を拘束している状態の程度を表す指標であるとも考えられる。

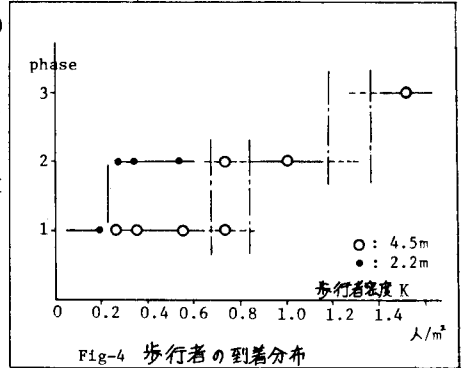


Fig-4 歩行者の到着分布

4. 歩行環境評価についての考察 歩行環境を評価するための要因は、

- i) 速度：歩行速度が大幅には低下しないこと
- ii) 行動の自由さ：希望速度を維持できること、速度の遅い歩行者を追越ること

iii) 横断の容易さ：歩行者の流れを乱すことなく横断できること

歩行環境について考える場合には、歩道幅員を中心とした道路条件と混雑度等の交通条件を考慮しなければならないが、ここでは幅員4.5mの歩道について上述のi) ii) から歩行環境を評価する。密度が 1.5 人/m^2 以下では速度の平均値・標準偏差は密度の増加に伴ない直線的に徐々に減少し、 1.5 人/m^2 を越えると急激に減少していること、および 2. 3. で述べたことを総合してサービス水準を表わしたのが図-5である。

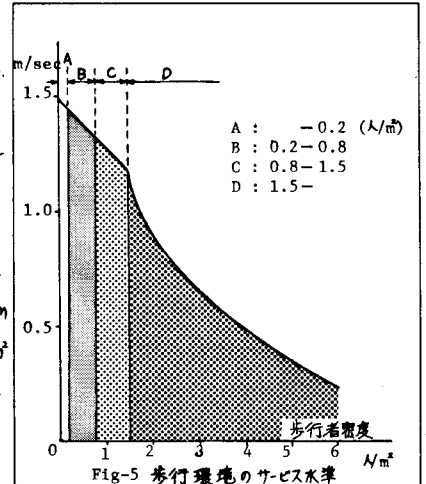


Fig-5 歩行環境のサービス水準

各レベルについて簡単に説明すると、Aレベルはほぼ自由歩行状態、Bレベルは追越しがかなり自由にできる状態、Cレベルは追越しがやや制限された状態、Dレベルは速度低下が著しく、拘束された歩行状態である。

5. おわりに 本稿では、幅員別の環境評価には到っていないが、実際の計画に利用するためには何段階かの幅員についてこのようなサービス水準を設定することが必要となる。このために必要な幅員別・密度別の実測データの取得はかなり困難となるから、さらに改良されたシミュレーションモデルを用いて検討したい。本研究を進めるにあたり、有益な助言を頂いた近畿大学講師 三星昭宏氏に謝意を表す次第である。

1) 毛利 塚口 山本 歩道内の歩行者挙動に関する研究 土木学会関西支部年度学術講演概要 1976年 5月

2) John J. Fruin : DESIGNING FOR PEDESTRIANS, A LEVEL-OF-SERVICE CONCEPT ; Highway Research Record, No.355 1971

3) 西坂秀博 歩道幅員に関する研究 交通工学 Vol.10 No.5 1975

4) 中上坂 坂井 桐原 群集流動の基本型のシミュレーション 建築学会大会学術講演梗概集 1972年