

IV-125

混雑を考慮した乗り換え時間の算出に関する研究

東京理科大学理工学部
東京理科大学理工学部
(株)復建エンジニアリング

正会員
フェロー会員

日比野 直彦
内山 久雄
篠原 剛史

1. はじめに

首都圏では、鉄道ネットワークの発展により複数の駅および経路が選択可能となった。これに伴い、乗り換え行動が増加し、所要時間や運賃だけでなく乗り換え環境が鉄道経路選択に大きな影響を及ぼすようになったのは周知の事実である。しかし、今までの分析において、所要時間や運賃はほぼ正確な値を得られるものの、乗り換えLOSについては、駅構造に依存する物理的な距離から算出する場合が大多数であり、乗り換え環境を十分に説明できていないのが現状である。そこで、本研究では、乗り換えLOSのうち乗り換え時間に着目し、駅構造に依存する物理的な距離だけではなく、混雑の程度に応じて発生する時間遅れをも考慮に入れた乗り換え時間の算出を試みる。

本研究では、鉄道経路選択の変化による利用人数の増減に対応した乗り換え時間の算出を可能とし、実際に即したLOSを選択行動分析、需要予測計算、配分計算等の様々な分析に提供可能にすることを目的としている。

2. 分析データ

本研究では、乗り換え経路をコンコース、階段、エレベーターに分けて、各部における朝ラッシュ時の乗り換え環境をビデオ撮影し、分析データの作成を行った。撮影駅は、JR常磐線と関東鉄道常総線の乗り換え駅の取手駅およびJR常磐線とJR成田線との乗り換え駅の我孫子駅である。

3. 分析方法

コンコース、階段においては、撮影したビデオより歩行者の交通量 Q (人/m/s)、群集密度 K (人/m²)、平均速度 V (m/s)を求める。そして、それら3つの関係より KQ 曲線、 QV 曲線を求め、駅構造および混雑を考慮した乗り換え時間 T (s)の算出を行う。本研究では、ベルカーブを KQ 相関図、 QV 相関図に近似して、 KQ 曲線、 QV 曲線を求める。以下に、近似曲線および乗り換え時間算出式の一般形を示す。

$$V = \alpha \exp(\beta K^2), \quad K = \sqrt{\frac{1}{\beta} \log\left(\frac{V}{\alpha}\right)}$$

$$Q = KV = \alpha K \exp(\beta K^2) = V \sqrt{\frac{1}{\beta} \log\left(\frac{V}{\alpha}\right)}$$

$$T = \frac{L}{V}$$

α, β : 係数

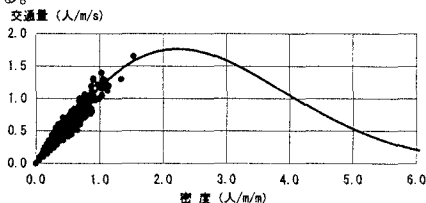
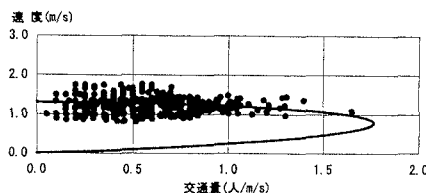
L : 乗り換え移動距離 (m)

これらの式より、乗り換え時間 T (s)は、駅構造(移動距離)と混雑具合(交通量, 群集密度, 平均速度)から算出可能となる。

エスカレーターは、運転速度が一定であるので、エスカレーターの乗り込み効率と待ち時間が定量化できれば、移動時間が算出できる。そこで、エスカレーターにおいては、撮影したビデオより、エスカレーター乗り込み人数と昇降口付近の待ち行列に加わる人数を1秒ごとにカウントし、昇降口付近の待ち人数を求め、この待ち人数と待ち時間の関係により混雑を考慮に入れた移動時間を算出する。

4. 乗り換え時間の算出

コンコース、階段については、交通量 Q (人/m/s)、群集密度 K (人/m²)、平均速度 V (m/s)を用いて KQ 曲線、 QV 曲線を求める。以下に、コンコースを例にして、各々の相関図を図示し、乗り換え時間を算出する。

図1 KQ 相関図(コンコース)図2 QV 相関図(コンコース)

コンコースでの混雑による乗り換え移動損出時間を T_l (s)、非ピーク時平均乗り換え時間を T_0 (s)、交通量 Q (人/m/s)時の乗り換え時間を T (s)とすると、乗り換え移動損出時間 T_l (s)は、

$$T_l = T - T_0 = \frac{L}{V} - \frac{L}{V_0} \quad (s)$$

と表される。ここで、非ピーク時平均歩行速度 V_0 (m/s)は、一般に1.207 m/sとされているので、 $T_l = 0$ となるのは、

キーワード: 乗り換え時間, 混雑, KQ 曲線, QV 曲線

連絡先: 278-8510 千葉県野田市山崎2641 TEL 0471-24-1501 (内線 4058)

FAX 0471-23-9766

$$Q_0 = 0.685 \text{ (人/m/s)}$$

$$K_0 = 0.568 \text{ (人/m}^2\text{)}$$

$$V_0 = 1.207 \text{ (m/s)}$$

の場合にである。 $T_l > 0$ の時に混雑による乗り換え時間の損出が発生するので、交通量が 0.685 人/m/s 以上のときには、この損出時間を従来用いられている乗り換え時間に加算する必要がある。階段も同様に算出し、表 1 に示す。

表 1 曲線式の係数および Q_0 , K_0 , V_0

	α	β	Q_0	K_0	V_0
コンコース	1.30	-0.10	0.685	0.568	1.207
階段昇り	0.94	-0.02	1.817	3.087	0.606
階段降り	1.05	-0.03	1.713	2.664	0.643

エスカレーターでは、混雑による影響を受ける昇降口付近と混雑による影響を受けないエスカレーター上の2つに分けて考える。エスカレーター上での輸送能力は一般的に以下の式で表わされる。

$$C_0 = \frac{\eta \cdot V_0}{l} \cdot p \cdot 60$$

C_0 : 単位時間あたりの輸送人員 (人/分)

V_0 : エスカレータの運転速度 (m/s)

l : 踏み段クリートの奥行寸法 (m)

p : 踏み段1個あたりの乗客定員 (人)

η : 乗り込み効率

乗り込み効率は、エスカレータの乗り口部での混雑あるいは乗降に不慣れた乗客が一時的に立ち止まるために、エスカレータの運転速度と同一速度では乗込めないための低下率を表わしている。

エスカレーター待ち時間を算出するために、分析データより、昇降口付近の待ち行列において乗客の滞留が始まる瞬間の時刻を0として、待ち行列の滞留人数と待ち時間の関係を求め、図3にその関係を示す。

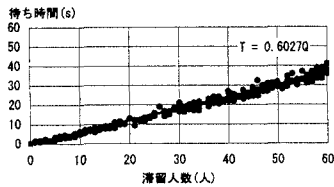


図3 待ち人数と待ち時間の関係

5. 3曲線の比較

コンコース、階段における KQ 曲線、 QV 曲線の比較をして、得られた知見を示す。

3つの KQ 曲線、 QV 曲線の基本的な特徴は、ほぼ類似している。共通して同交通量での密度のばらつきが見られるのは、対向流の影響による速度の低下と歩行者個人差の速度のばらつきが原因であると考えられる。また、低交通量ほど歩行者は自由な速度で歩行できるが、対向流の影響をうけやすいことがわかる。

3つの KQ 曲線、 QV 曲線の相違は、コンコースと階段の2曲線との間に顕著に表れている。コンコースは低密度、高速移動に対し、階段は高密度で低速移動の傾向が見られる。これは、鉛直方向の移動の差だけでなく、階段が一段一段にわけられていることで、コンコースに比べて、一人一人歩行スペースが明確になっていることが原因である。つまり、階段では、多少の混雑があっても歩行者はなるべく段を空けずに進行するため群集密度は大きくなるが、鉛直方向移動の増加と空間の圧迫感があるため速度はかなり低くなる。また、対向流がある場合を考えてみても、コンコースとは異なり斜め前方の歩行が不可能なため横あるいはその位置に一端停止するため速度はかなり低下する。このような点からも、階段での混雑による速度低下は大きなもので、乗り換え時間の遅れに大きく影響している。

また、階段の昇りと降りを比較してみると、階段昇りの方が、わずかではあるが歩行速度が速くなっている。これは、群集密度との関係から考えると、階段を降りる場合の方が、より前方者との距離を意識していることが明らかにわかる。

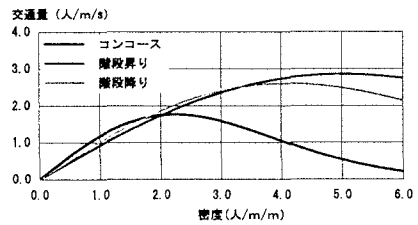


図4 KQ 曲線の比較

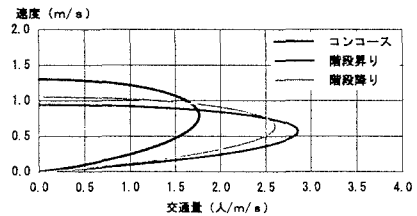


図5 QV 曲線の比較

6. おわりに

本研究により、交通量が非ピーク時平均交通量 Q_0 以上の場合には、1回の乗り換えで1分から3分の時間遅れが生じることがわかった。複数回の乗り換えや次路線の電車への乗り継ぎを考えると、駅混雑が経路選択にあたる影響は大きなものであると言える。また、駅により混雑状況が異なることから、駅構造および混雑を考慮に入れた乗り換え時間の算出は非常に重要である。本研究により算出可能となったことで、鉄道ネットワーク全体で乗客の動きを評価する場合に、今まで捉えることができなかった乗り換え混雑による影響を表すことができるようになり、より実際に即した分析が可能となった。