

1. はじめに

2001年のOECDの報告によると、日本の児童の不慮の事故死原因の第1位は交通事故であり(図-1)¹⁾、その多くが下校時間帯(14:00~17:00)の学校周辺の路上で発生していることが報告されている²⁾³⁾。児童にとって、道路空間は通学などのための移動空間であると同時に、遊びなどの活動目的を果たす場でもあり、日常生活の中で重要な位置を占めている。したがって、児童の日常生活の安全のためには、通学路などの道路空間の安全性の確保が重要となる。

このような状況において、児童の交通事故に関する数多くの研究がなされており、日々結果や実績が蓄積されている。例えば山本⁴⁾らは通学時の自動車の交通量を測定し、通学行動に及ぼす影響の分析を行い、自動車の交通量の規模によって、通学集団の構成及び通学する経路が変化することを示している。また、斉藤⁵⁾らは無信号交差点付近の子どもの横断行動の特性を安全確認行動に焦点をあて分析を行い、安全確認の回数は年齢及び自動車の交通量が影響していることを示している。しかし、これらの多くは、交通事故の要因として、自動車の交通量を取り扱ったものが中心であり、児童の交通量を扱ったものは少なく、また、道路空間の物理的な要素(以下物的空間構成要素)との関係についても定量的な議論がなされていない。児童の交通量及び物的空間構成要素が通学路含む道路設計、ネットワーク構成によって操作可能であれば、交通事故の発生状況も変化可能であると考えられる。したがって、道路整備や通学路設計からの対策を講じるためには、児童の交通量及び道路施設(信号・横断歩道・道路標識など)や沿道施設状況(住宅・店舗・駐車場など)の道路空間を構成する物理的な要素(以下物的空間構成要素)と交通事故の関係を明らかにする必要があると言える。

そこで、本研究では、そのための基礎的段階として、通学路上の児童の交通量及び物的空間構成要素が交通事故発生に与える影響を表現するモデルを作成することを目的とする。

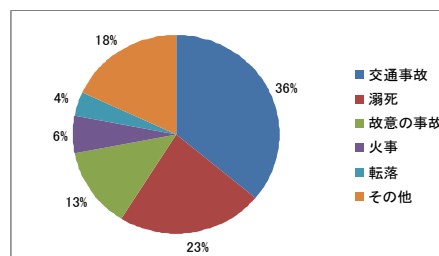


図-1 児童の不慮の事故死原因¹⁾

2. 交通事故発生モデル

2-1. 交通事故発生に関する仮説と交通事故の発生しやすさの指標 P_i

児童の交通事故の多くが下校時間帯(14:00~17:00)の学校周辺の路上で発生していること²⁾³⁾と、交通流の影響などの不確定要素を除くために、本研究では典型的な住宅地で下校時間帯に発生する交通事故を想定する。

交通事故は通学路上の児童の存在状況と道路状況が走行中のドライバーの意識・判断に関係し発生すると考えられる。つまり、この場合では児童と車両が道路空間に存在することに加えて、現場周辺の交通量や道路施設、沿道施設状況などの何らかの物的空間構成要素が影響し発生するといえる。以上より、「児童と車両の遭遇回数」と「交通事故を抑制する物的要因の多寡」の2つの条件によって交通事故発生の危険性が決まるとする。ここで、距離換算児童数 i (人)あたりの交通事故の発生しやすさの指標 P_i は「児童と車両の遭遇回数を表す指標 Φ_i と「交通事故を抑制する要因の存在確率」 Ψ_i の積で与えられ、調整係数 α を考慮すると(1)式のように表される。

$$P_i = \alpha \times \phi_i \times (1 - \psi_i) \quad (1)$$

α : 調整係数

P_i : 距離換算児童数あたりの交通事故の発生しやすさの指標

Φ_i : 児童と車両の遭遇確率

Ψ_i : 視認距離内に交通事故を抑制する要因が N 個より多く存在する確率

ここで、道路空間を構成する要素についてはその校区の人口構成・世帯構成・所得構成・職業構成など社会的・経済的および人的要因は除外し、交通量や道路施設などの操作可能な物的要因のみを対象としている。

*キーワード: 地区交通計画, 道路計画, 空間設計

** 学生員, 工修, 九州大学大学院工学府

(福岡県福岡市西区元岡 744, TEL092-802-3403)

*** 正員, 九州大学工学研究院

(福岡県福岡市西区元岡 744, TEL092-802-3404)

**** 正員, 九州大学工学研究院

(福岡県福岡市西区元岡 744, TEL092-802-3405)

2-2. 児童と車両の遭遇回数を表す指標 ϕ_i

「児童と車両の遭遇回数」は車両の交通量と走行中のドライバーの進行方向前方の視認距離内に存在する児童数によって変化する。したがって「児童と車両の遭遇期待値」 ϕ_i は下校時間帯における車両の交通量の割合 γ_i と各車両のドライバーの視認距離内に児童が存在する確率 P_{ci} の積で与えられ、(2)式のように表される。

$$\phi_i = \gamma_i \times P_{ci} \quad (2)$$

ϕ_i : 児童と車両の遭遇回数の期待値

γ_i : 下校時間帯の車両の交通量

P_{ci} : ドライバーの視認距離内に児童が存在する確率

これより Ψ_i , P_{ci} をもとめるため、児童の行動に関する仮定およびモデル化の方法を示す。

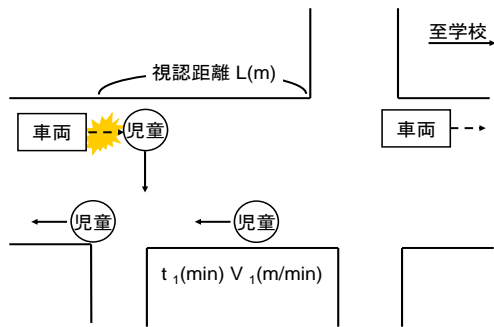


図-2 交通事故現場のモデル図

a) 児童の行動に関する仮定

下校時間になると児童は帰宅するために小学校を中心として通学路を通過し自宅方向に分散していき、沿道の住宅数に応じて下校児童数は減少するものとする。また、下校時に任意の通学路の交通事故発生地点を含む道路空間を児童の通過時間間隔 $t_1=L/V_1(\text{min})$ の間に通過する児童数を距離換算児童数 i (人)と定義し、児童の交通量の代理指標として用いた。ここで、ある下校時間帯 s における下校児童数 $I_{js}(x)$ とし、全校児童数を I とする。また、通学路 j で小学校から $x(\text{m})$ 離れた地点の道路沿道住宅数の校区総住宅数に対する割合を $H_j(x)$ とすると、ある通学路 j において学校から $x(\text{m})$ 離れた地点の距離換算児童数 $i_{js}(x)$ (人)は(2)式で表すことができる。

$$\begin{aligned} i_{js}(x) &= I_{js} \{1 - H_j(x)\} \times t_1 \\ &= i_{js}(x) = I_{js} \{1 - H_j(x)\} \times \frac{L}{V_1} \\ I &= \sum_{k=1}^3 I_{js} \end{aligned} \quad (3)$$

$$H_j(x) = \frac{y_j(x)}{y}$$

I_{js} : 時間帯での下校児童数(人h)

I : 全校児童数 (人/日)

$H_j(x)$: 小学校から $x(\text{m})$ 離れた地点までの住宅割合

y : 校区の総住宅数

通学路上の任意の地点の児童の到着は、交通量がそれほど多くない住宅地の通学路を想定していることから、ランダムに起きるものとみなし、児童が通過する時間間隔はポアソン分布に従うものとした。以上より、児童の歩行速度を $V_1(\text{m/min})$ 、児童が通過する時間間隔 (以下通過時間間隔) を $t_1(\text{min})$ 、児童の通過時間間隔の確率密度関数を p_{ck} とする。

b) 視認距離内に児童が存在する確率 P_{ci}

走行中のドライバーの視認距離内に児童が存在するのは児童の通過時間間隔がドライバーの視認距離以下となる場合である。児童の通過時間間隔の確率密度関数 p_{ck} はポアソン分布で表わされるために、児童の歩行速度を V_1 とし、ドライバーの視認距離を L とするとドライバーの視認距離内に児童が存在する確率 P_{ci} は児童の通過時間間隔が $t_1=L/V_1$ 以下となる確率で表され、(3)式のように与えられる。ここで、走行中のドライバーの視認距離 L (m)はドライバーが児童の存在を確認できる限界の距離とし、道路形状及び沿道施設状況などの道路環境によって変化するものとする。

$$\begin{aligned} P_{ci} &= \sum_{k=1}^{\infty} p_{ck} \\ p_{ck} &= \frac{(\lambda_i \times t_1)^k}{k!} \exp(-\lambda_i \times t_1) \\ p_{ck} &= \frac{(\lambda_i \times \frac{L}{V_1})^k}{k!} \exp(-\lambda_i \times \frac{L}{V_1}) \end{aligned} \quad (4)$$

P_{ci} : ドライバーの視認距離内に児童が存在する確率

p_{ck} : ドライバーの視認距離内に児童が k 人存在する確率

λ_i : 単位時間あたりの児童の平均到着人数(人/min)

c) 視認距離内に交通事故を抑制する要因が N 個より多く存在する確率 Ψ_i

「交通事故を抑制する要因」については、通学路上の児童の存在状況がドライバーの注意を喚起していることから、通学路上に存在する児童とそれに準ずるスクールゾーンの設定などのドライバーに児童の存在を認知させる要素の二つを対象とする。ここで、通学路上の任意の地点の児童の到着は前項と同様にランダムに起きるものとする。ドライバーに通学路上の児童の存在を認知させる要素については、通学路上にスクールゾーンを設定する際に設置される道路標識・道路標示を対象とする。

通学路上に存在する児童及び道路標識・道路標示の設置数が多いほどドライバーの意識・判断に与える影響は大きい。しかし、走行中のドライバーの意識・判断に与える影響度は通学路上に存在する児童と道路標識・道路標示では異なると考えられるため、道路標識・道路標示の影響に関するパラメータ β を用いて考慮し、ドライバーの視認距離内に交通事故を抑制する要因が N 個より多く存在する確率 Ψ_i は児童の通過時間間隔 $t_i = L/V_1$ (min) と道路標識・道路標示の設置割合 n を用いて(5) 式のように与えられる。

$$\Psi_i = 1 - \sum_{k=0}^n \frac{(\lambda_i \times t_1)^k}{k!} \exp(-\lambda_i \times t_1)$$

$$= 1 - \sum_{k=0}^n \frac{(\lambda_i \times \frac{L}{V_1})^k}{k!} \exp(-\lambda_i \times \frac{L}{V_1}) \quad (5)$$

$$N = n + \beta \times r_i$$

Ψ_i : ドライバーの視認距離内に交通事故をする抑制する要因が N 個より多く存在する確率

λ_i : 単位時間あたりの児童の平均到着人数(人/min)

N : ドライバーの視認距離内に存在する交通事故を抑制する要因の個数

n : ドライバーの視認距離内に存在する児童数

β : 道路標識・道路標示の影響に関するパラメータ

r_i : 距離換算児童数ごとの道路標識・道路標示の設置数

3. モデルの適用

3-1. 適用対象の概要とデータ分析

本研究では、駅や大規模商業施設など、交通流に大きな影響を及ぼす施設がない一般的な住宅地である福岡市の22校区を対象とし、交通事故発生に関する統計データの分析を行った。分析の際には、児童の交通量及び福岡県警より入手した当該地区の2007年1月から2008年12月の交通事故発生に関する資料を用いた。上記の資料によると当該地区において平日の下校時間帯(14:00~17:00)に児童が歩行中に被害にあったと考えられる交通事故は35件(34地点)であった。

本研究では、典型的な住宅地を対象としているため、交通量は時間帯によって大きく変化しないと考えることから、交通事故発生地点(34地点)を含む道路空間の交通量については5分間交通量を用いた。実際の発生時刻を踏まえた上で、2009年11月26日・11月27日の14時から17時に車両(車・自動二輪車・原動機付自転車)の進行方向を区別せずに30分毎の5分間交通量を測定し、住宅地図及び2010年1月23日に行った現地調査により道路標識・道路標示などの設置数を測定した。現地調査では、スクールゾーン設定の際に設置される速度

制限、駐車禁止、一方通行、一時停止の道路標識・道路標示に加えて、小中学校や地方公共団体が作成している交通安全の看板などを対象とした。

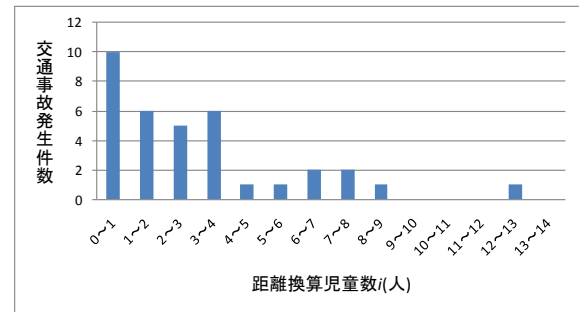


図-3 通過児童数と交通事故発生件数

3-2. モデルのキャリブレーション

a) P_{ci} と Ψ_i の算出

ドライバーの視認距離内に児童が存在する確率 P_{ci} は距離換算児童数、視認距離、児童の歩行速度によって変化する。そこで、視認距離、距離換算児童数を変化させながら(4)式によりドライバーの視認距離内に児童が存在する確率 P_{ci} を算出する。児童の歩行速度については、児童の平均的な歩行速度である $V_1=3(\text{km/h})=50(\text{m/min})$ とする。ここで、ドライバーの視認距離 L と P_{ci} の関係を図-4に示す。

次にドライバーの視認距離内に交通事故をする抑制する要因が N 個より多く存在する確率 Ψ_i の算出を行う。 Ψ_i もまた、距離換算児童数、視認距離、児童の歩行速度によって変化する。そこで、距離換算児童数、視認距離、児童の歩行速度を変化させながら(5)式により Ψ_i を算出する。ここで、児童の歩行速度については前述と同様に $V_1=3(\text{km/h})=50(\text{m/min})$ とする。ここで、ドライバーの視認距離内の児童数 n と Ψ_i の関係を図-5に、ドライバーの視認距離 L と Ψ_i の関係を図-6に示す。図-6よりドライバーの視認距離の児童数 n が同じであれば視認距離 L が大きくなるほど Ψ_i が大きくなる。

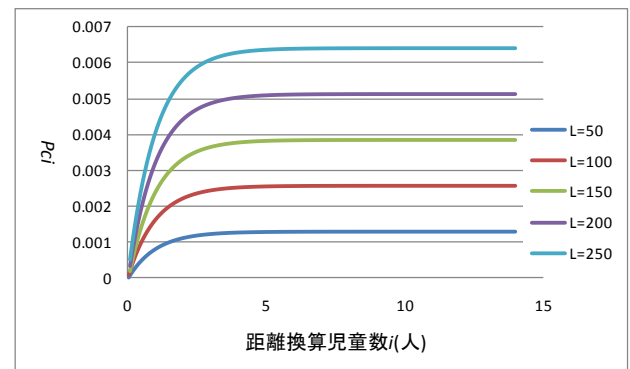


図-4 視認距離 L と P_{ci} の関係

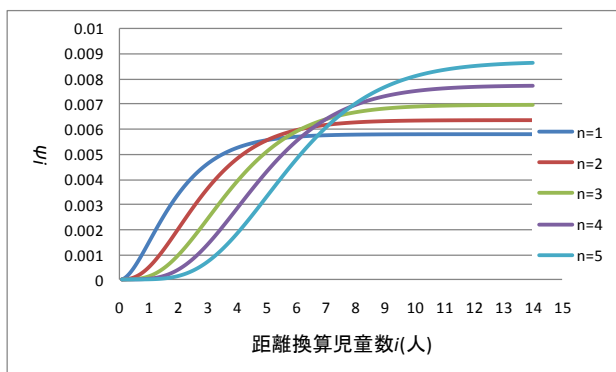


図-5 児童数 n と Ψ_i の関係

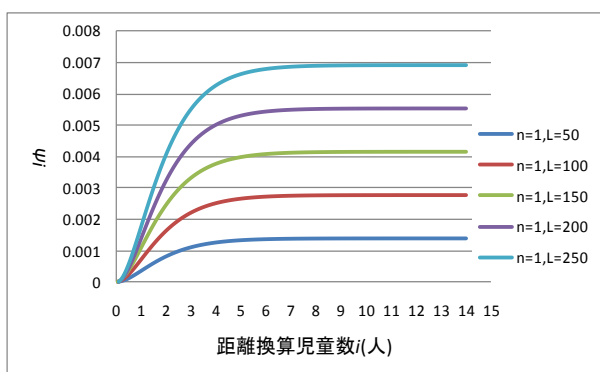


図-6 視認距離 L と Ψ_i の関係

b) モデルの適用結果

モデルのキャリブレーションの結果をふまえ、対象地区にモデルを適用する。児童の歩行速度 V_f (m/min) はモデルのキャリブレーションと同じ設定とし、走行中のドライバーの視認距離 L (m) については対象とした校区の通学路においてランダム地点(50地点)を抽出しランダム地点を含む道路空間の視認距離を住宅地図及び道路状況・沿道施設状況などの現地調査により算出した対象校区の平均視認距離 $L=210$ (m)とする。以上の設定で(5)式の児童数 n 及び道路標識・道路標示の影響に関するパラメータ β を変化させながら対象地区の通学路上の任意の地点についての Ψ_i を算出し、交通事故の発生しやすさの指標の理論値が、観測値を再現するような児童数 n 及びパラメータ β の最適値を推定する。最小2乗法を用いて推定を行った結果、児童数 $n=1$ 、パラメータ $\beta=0.1$ の時、観測値と理論値の二乗誤差が最小となった。図-7に観測値と理論値を示す。観測値と理論値は、K-S検定において有意水準20%で適合している結果となった。以上よりモデルは通学路上の任意の地点での交通事故発生を十分に表現するものである。

4. おわりに

本研究は、下校時の児童を対象とし、児童の交通量と物的空間構成要素が交通事故発生に与える影響を定量的に表現するモデルの作成を行った。実際の交通事故に関

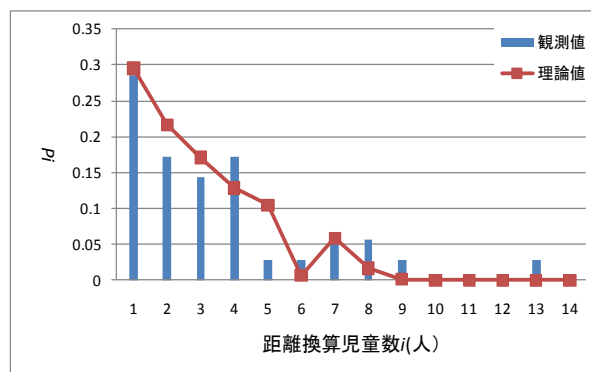


図-7 各距離換算児童数における観測値と理論値

するデータと比較したところ、通学路上の任意の地点での交通事故の発生しやすさの指標を妥当に表現できた。データの精度などの問題はあがるが、モデル化の方法論としては良好な結果が得られた。また、通学路上の児童の交通量の少ない地点で交通事故が発生しやすいため、児童の交通量の少ない地点にスクールゾーンの設定のような道路整備及び通学路ネットワークの操作を行うことで交通事故発生を抑制することが可能になると言える。

しかし、「交通事故を抑制する要因」として、ドライバーの視認距離内の児童の存在状況とスクールゾーンの設定などのドライバーの児童の存在を認知させる要素を考慮したが、今回考慮しなかった見通しの悪さや道路形状などの物的要因も交通事故発生に影響していると考えられる。今後、交通事故発生に影響を及ぼしていると考えられる物的要因のうち算定可能なものについて逐次考慮していく必要がある。

謝辞

本研究は平成21年度科学研究費補助金(基礎研究c)課題番号:21610014により実施した。また、本研究の実施にあたり、福岡県警より貴重な支援を賜りました。ここに感謝の意を表します。

参考文献

- 1) United Nations Children's Fund: A League Table of Child Death by Injury in Rich Nations, INNOCENTI REPORT CARD, ISSUE No. 2, 2001
- 2) 水野恵司, 元村直靖: 子どもの犯罪・交通事故を防ぐための広域安全地図活用法に関する研究, 財団法人社会安全研究財団レポート, No. 73, pp16-25, 2007
- 3) 斉藤良子: 子どもの交通事故, 国際交通安全学会誌, Vol22, No. 3, pp158-166
- 4) 山本善積, 友定啓子, 小島郷子: 生活環境としての通学路(第1報)交通量測定からみた児童の通学環境, 日本家政学会誌, Vol 44, No10, pp871-879, 1993
- 5) 斉藤良子: 無信号交差点付近における子ども歩行者及び自転車乗用者の横断行動に関する研究, 科学警察研究所報告交通編, Vol 23, No. 1 pp55-64 1982