

# 子供にとって望ましいと考えられる通学路の設計方法の提案と

## 弘前市内の小学校区への適用

経済経営課程 産業情報コース 10H3090 原田 健一  
(主査：増山 篤 副査：大橋 忠宏、栗原 由紀子)

### 1 はじめに

わが国では、毎年、数多くの子供たちが通学中に交通事故に巻き込まれている。ある調査によれば、毎年全国で6万人近くの子供が死傷している。また、かつて行われた通学路の安全性に関する点検結果によれば、我が国全体で7万箇所以上もの危険箇所が通学路上に存在することが明らかとなり、その後改善が図られたものの、未だに3万箇所以上もの危険箇所があるとされている。このような現状から、子供たちの安全ということを考え、危険箇所をなるべく避けた通学路を設定すべきかと考えられる。一方で、子供たちにむやみに長い距離を歩かせることも好ましいとは考えられず、したがって、安全性と移動距離の両面を考慮した通学路を設定する必要があるだろう。

この研究では、まず、子供にとって望ましいと考えられる通学路の設計方法を提案する。そして、その設計方法を弘前市内の小学校区に実際に適用した結果を示す。

### 2 子供にとって望ましいと考えられる通学路の設計方法の提案

この研究で提案する通学路設計方法は、以下の3段階からなる。第1段階では、2つの通学路候補があったとき、子供を保護する立場にある大人が、移動経路の物理的状況に応じた“重み”を考慮して、いずれの候補の方が子供にとって望ましいかを判断する意思決定行動のモデルを考える。第2段階では、アンケートを実施し、第1段階のモデルにおける“重み”を推定する。第3段階では、“重み”の値を用い、またダイクストラ法を用いて、小学校区に至る所への子供にとって望ましい通学路を決定する。

#### 2.1 子供にとって望ましい通学路を判断する意思決定行動のモデル

今、図1において点線で示されたような、始点 $u$ (子供の家)から、終点 $v$ (小学校)まで行くための通学路候補があるとしよう。このような通学路候補は、リンクの集合とみなすことができ、図1の点線で示された候補は、 $i_1, i_2, i_3, i_4$ の4本のリンクからなる。

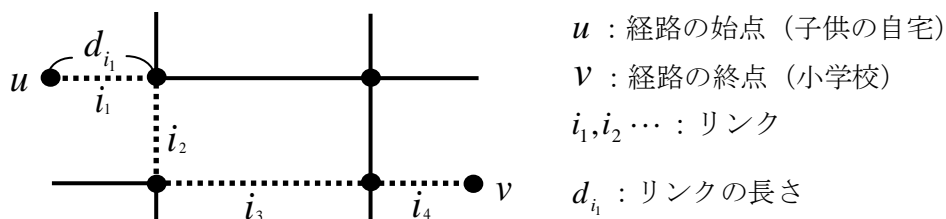


図1 通学路候補の例

通学路候補の一部をなすリンク  $i$  は、4種類の物理的状況のいずれかにあるとする。具体的には、整備された歩道 ( $k=1$ )、整備されていない歩道 ( $k=2$ )、横断歩道 ( $k=3$ )、横切って渡る道 ( $k=4$ ) のいずれかであるとする。リンク  $i$  の物理的状況を  $s_i$  と表すことにする。子供がリンク  $i$  に沿って1単位距離を歩いたとき、それぞれの物理的状況によって、一定の負担がかかるものとし、これを「重み」と言うことにする。以下では、この重みを  $W_k$  ( $k=1, \dots, 4$ ) と表すことにする。

「重み」の定義より、リンク  $i$  上を一方の端点から他方の端点まで歩いたときの負担は、 $W_{s_i} d_i$  となる。

したがって、児童が通学路候補  $I$  を  $u$  から  $v$  まで歩いたとしたとき、この児童に対してかかる総負担を  $B(I)$  と表すことにすると、 $B(I)$  は、

$$B(I) = \sum_{i \in I} W_{s_i} d_i, \quad (1)$$

という式によって与えられる。

複数の通学路候補があったとき、大人としてはなるべく総負担の小さい通学路候補が望ましいと考えることになるだろう。つまり、2つの通学路候補  $I$ 、 $J$  があったとすると、

$$B(I) < B(J) \Leftrightarrow \sum_{i \in I} W_{s_i} d_i < \sum_{j \in J} W_{s_j} d_j, \quad (2)$$

という不等式が成立すれば、通学路候補  $I$  の方が望ましい通学路であると判断するものとする。また、逆向きの不等式が成立した場合には、通学路候補  $J$  の方が望ましいと判断するものとする。以後では、今ここで考えたモデルを「通学路判断モデル」と呼ぶことにする。

## 2.2 物理的状況によって経路ネットワークのリンクに対して定まる重みの推定

現実の大人の判断も通学路判断モデルに従うとしたときに、妥当な  $W_k$  の値を推定・算出するとなれば、実際に大人が判断を下した結果に関するデータが必要となる。このようなデータを得る手段としては、アンケートを実施し、それに対する回答を得るという方法が考えられる。例えば、始点と終点は同じであるが、途中の経路は異なる二つの通学路候補を記載した地図を提示し、いずれが望ましいかを回答させることで、実際の判断行動に関するデータが得られる。以下では、このようなデータをもとに、重み  $W_k$  の妥当な値を推定する方法を考えよう。

今、アンケート回答者に対して二つの通学路候補  $I$ 、 $J$  を提示し、経路  $I$  の方が望ましいとする回答が得られたとする。このとき、式(2)の不等式が得られることになる。式(2)が得られた場合、これを整理すると、

$$\sum_{j \in J} W_{s_j} d_j - \sum_{i \in I} W_{s_i} d_i > 0, \quad (3)$$

となる。ここで、 $d_i, d_j$ は既知であるから、この不等式を整理していくと、 $W_1, W_2, W_3, W_4$ の線形和と0との大小関係を表す不等式が得られる。不等式が得られるということは、アンケート結果に矛盾しない $W_1, W_2, W_3, W_4$ の値は、一定の範囲内に限定されるということであるから、同様のアンケートを繰り返す行うことで、妥当な $W_k$ はさらに限定されることになる。この研究では、このように限定された範囲内の任意の値を、 $W_k$ の推定値とすることにする。

### 2.3 ダイクストラ法などのネットワーク・アルゴリズムを用いた通学路の設計

ここまでは通学路候補を表す際に記号 $I$ を用いてきたが、これが $u$ から $v$ への経路であることを明示し、以下では、 $I(u, v)$ と書くことにする。一般に、二地点間を結ぶ経路には様々なものがあるから、単に $I(u, v)$ と書いたとき、これは $u$ から $v$ への経路すべてを表す。このように $I(u, v)$ を定義すると、 $u$ から $v$ への総負担が最小となる経路を求めるには、以下の最適化問題を解けばよい。

$$\min_{I(u,v)} \sum_{i \in I(u,v)} W_{s_i} d_i, \quad (4)$$

この最適化問題の解を $I^*(u, v)$ と書くことにすると、 $I^*(u, v)$ は $u$ から $v$ への最適通学路となる。

$u$ を小学校区内で動かして考えれば、小学校区全体に対する最適通学路網が求められることになる。ただし、そのように繰り返し最適化問題を解くことはあまり効率的でない。そこで、ネットワーク・アルゴリズムを利用し、小学校区全体の最適通学路網を求めることにしよう。

一般に、歩いて通ることのできる場所に一方通行は存在しないから、始点と終点を入れ替え、 $v$ からあらゆる $u$ への（各リンクの重みを考慮した）最短経路を求めることでも最適通学路網が求められる。つまり、ネットワークの特定のノードから他のすべてのノードへの最短経路を重ね合わせた最短経路木を求めることでも、ここでの目的を達することができる。よく知られているように、最短経路木を求めるには、ダイクストラ法（Dijkstra, 1959）などのネットワーク・アルゴリズムを用いればよい。この論文では、特にダイクストラ法を用いて、最適通学路網を求める。

## 3 子供にとって望ましいと考えられる通学路の設計方法の適用とその結果

前章で提案した方法を実際に用い、具体的に「重み」の値を定め、弘前市内の小学校区に対して適用した結果をみてみよう。

### 3.1 物理的状況によって経路ネットワークのリンクに対して定める重みの推定結果

この研究では、1 大学生 47 人に対してアンケートを実施し、その回答結果から重みの推定を行った。回答者の男女別の内訳は、男性が 26 人、女性は 21 人である。また、学年別の内訳は、大学 1 年生、2 年生、3 年生、4 年生がそれぞれ 17 人、18 人、4 人、8 人である。回答者に対しては、一つの地図の中に二つの経路候補を描きこんだ用紙を提示し、自分の子供が小学校に通うことを想定させ、いずれの候補が通学路として望ましいと考えるかについて回答を得た。

2.2 節で説明した方法にしたがって、回答者毎に重みを推定し、そして、全回答者の平均を求めた。表 1 がその結果である。この研究では、この表にある値を用い、続く 3.2 節でも用いることとした。

表 1 重みの推定結果

$W_1$	整備された歩道	1
$W_2$	整備されていない歩道	1.3
$W_3$	横断歩道	1.2
$W_4$	横切って渡る道	1.2

(小数点第二位を四捨五入)

### 3.2 弘前市内の小学校区に対する通学路設計方法の適用例

前節で求めた重みの値を用い、弘前市内の大成小学校区において、子供にとって望ましいと考えられる通学路網を実際に求めてみた。以下の二つの図は、その結果の一部である。

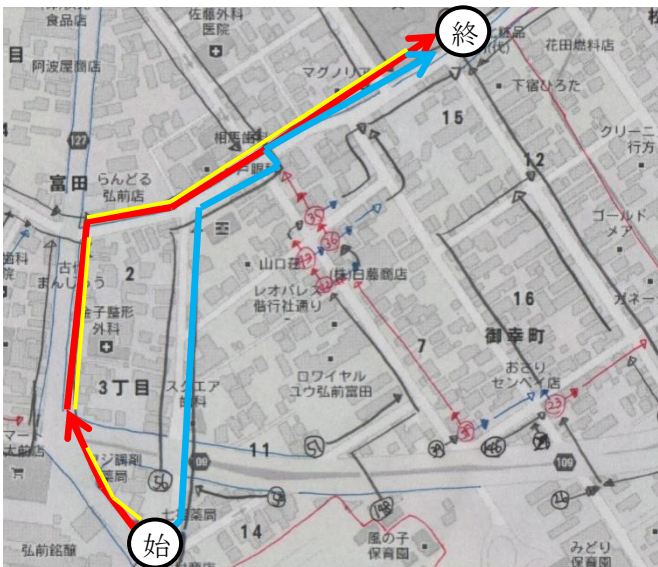


図 2 通学路設計方法を適用した例①



図 3 通学路設計方法を適用した例②

ここで求められた最適通学路網には、注目される部分が少なからず認められた。以下、それぞれどのようなものかを見ていこう。図 2 および 3 における黄色の線は、その道が整備された歩道であり、最も子供にかかる負担が少ない道である。青い矢印は、最短経路を表し、赤い矢印は、本研究で提案した通学路の設計方法に従って求められた通学路である。図 2 においては、最適通学路は、最短経路から大きく左に迂回して歩道が整備された大通りに沿ったものとなっている。これはあくまで一例であるが、望ましいと考えられる通学路は、整備された歩道を通るように遠回りになっている部分が大成小学校区内には、いくつか存在していた。また、図 3 においては、望ましい通学路は、少しでも早い段階で整備された歩道に子供たちを導くものとなっている。

総じて、大成小学校区に対して本研究で提案した通学路の設計方法を適用して求められた最適通学路網は、最短経路網と類似しつつも、出来る限り整備された歩道を通るような道となっており、通学中の安全性と移動距離の両面を考慮したものとなっている。