5K-09

災害時の避難者配給物資受け取り問題

日高悠河† 真鍋義文‡
工学院大学情報学部システム数理学科†‡

1. はじめに

先が予測できない状況において、行動選択は不確定要素が多いため難しい問題である。大規模災害発生時の避難では、配給物資をできるだけ多く受け取ることが望ましいが配給物資の量や配給間隔などの不確定要素がある。本稿では自宅に家族を残して避難所に物資を貰いに行くというケースを想定しており、家にどのタイミングで帰ることを選択すれば良いのか難しく、今まで詳しく検討された研究は無い。

そこで、本稿では大規模災害発生時の避難時における配給物資の受け取りの問題を考察し、時間経過による割引を考慮した上で受け取った配給物資によって得られる効用の最大化を試みた。その効用をより高める、配給の時間間隔が不明である場合に受け取った配給物資を持ち帰るか次の配給を待ち続けるかを判断する条件式を提案し、シミュレーションを行うことによって実際に効用が高い適切なタイミングで帰れたかどうかについて競合比[1]をもとに検証していく。競合比を計算した結果、帰るか否かをランダムに決定する場合と比べて提案条件式を用いた場合は競合比が 0.12 だけ高いという結果を得た。よって条件式は妥当であると考えられる。

2. 定義

本稿で使用する用語や状況について説明する。物資が来る時間を細かく測定する必要は無いと考えているため本稿では時間を離散的に扱い、1 単位時間ごとに計算を行っていく。また、本稿での時間を表す変数はすべて単位時間の何倍であるかを表す整数値である。次に物資が届く時刻を予測するのは次の２つのタイミングである。第一は物資が届いたタイミングである。第二は予測時刻になったが物資が届かなかったタイミングであり、この場合は予測時刻を変更することとなる。これらのタイミングをここでは物資予測タイミングと呼ぶ。また、時間の経過につれて自宅に残した家族に物資を供給する緊急性が高まるため、物資の価値が相対的に時間経過によって少なくなることを反映するために、0 以上 1 以下の係数である割引係数を効用にかける。本稿においてのシミュレーションの評価には、(条件式を用いた場合の効用)/(入力列を知っていた場合の最適効用)である競合比を用いる。

本稿で使用する文字や式をまとめて以下に示す。

t:物資を受け取った回数

x:開始時刻からの時間経過を表す整数値

x_t:t 回目の物資を受け取った時の時刻

y:物資を受け取ったタイミングから次回の物資が支給されるまでの時間

y’:物資予測タイミング(物資が届いたタイミングまたは物資が届くと予測していたタイミングになった時点で個人が任意に決める)

m_x:時刻 x に避難所に届けられた物資の合計量

m_{max}:避難所の物資の最大収容数であり、その値は避難所が予め示していて避難者全員が知っているものとする。

n_x:時刻 x における避難所の人数

b_x:時刻 x に貰える物資量(b_x=m_x/n_x)

b_z':避難所の物資の最大収容数(m_{max})と最新の避難所の人数を基に予測される次回の物資量であり、

b_z'=(((m_{max}/2)/ n_x)

δi_x:時刻 x だけ経過時の割引係数で、$0 \le \delta i_x \le 1$ である。

また、$x > x'$の場合は$\delta i_{x'} \ge \delta i_x$となる。これは時間が経過することによる価値の減少を表している。

a_t:物資を t 回目に受け取ったタイミングの効用で、前回の効用に経過時間分の割引係数を掛けた値と今回受け取った物資量を足し合わせる事で求めることができる。現在の時刻は物資を受け取ったタイミングx_tで、一回前の物資供給タイ

Receiving evacuees’ distribution supplies problem in a disaster
†Yuga Hidaka Faculty of Informatics, Kogakuin University
‡Yoshifumi Manabe Faculty of Informatics, Kogakuin University

ミングはx_t-y であるから、

$$a_t = a_{t-1} * (\delta i_{x_t - y+1} * \delta i_{x_t - y+2} * \cdot\cdot * \delta i_{x_t}) + b_{x_t}$$

以上の定義より、新たに y’だけ待って得られると予測される効用は(新たに得られた効用)-(待つ事によって減る効用)であり以下のように表せる。

新たに y’だけ待って得られると予測される効用:次に受け取る物資量から時刻 y’だけ待って減った効用を引くことで求めることができ、現在の時刻は物資を受け取ったタイミングx_tで、次回の物資の供給タイミングはx_t+y’であるから、

$$b_z{}' - a_t(1 - \delta i_{x_t+1} * \delta i_{x_t+2} * \cdot\cdot * \delta i_{x_t+y'})$$

また、帰るかどうかの判断の基準は新たに y’だけ待って得られると予測される効用が 0 未満になる(待つ事で効用が減ると予測される)かどうかで決めるとし、条件式:

$b'_z - a_t(1 - \delta i_{x+1} * \delta i_{x+2} * \cdot\cdot * \delta i_{x+y'}) < 0$を満たした場合に帰ることとする。

また、y’だけ待って物資が来なかった時にはy’を新しい物資予測タイミングy'_1として各避難者が決める。現在の時刻はx_t+y’で、次回の物資の供給タイミングはx_t+y’+y'_1であり、条件式:

$$b_z^{'} - a_t(1 - \delta i_{x_t{}'} * \delta i_{x+1} * \cdot\cdot * \delta i_{x+y'} * \delta i_{x+y'+1} * \cdot\cdot * \delta i_{x+y'+y_1'-1} * \delta i_{x+y'+y_1'}) < 0$$

3. 実験方法

本稿では 3 分を 1 単位時間として設定し、自宅に残した家族の健康に大きく問題が出る 72 時間(1440 単位時間)の間のどのタイミングで帰るかのシミュレーションを行い、帰るか否かをランダムに決定する場合と提案条件式を用いた場合の競合比を比較していく。また、シミュレーションでの各変数の決め方を説明していく。

次回の物資が支給されるまでの単位時間 y の決め方:次のタイミングが 1-300 の範囲の整数値からランダムに決定される。

避難者数n_xの決め方:避難所に入れる避難者数の上限を 500 とする。

$x = 1$の時:1-500 の間の数値をランダムに決め、避難者数n_1とする。

$x \geq 2$の時:-20~20 の値をランダムで決定し、1 つ前の避難者数n_{x-1}に足したものを新しく避難者数とする。

この時に値が 1 以下になった場合は 1、501 以上になった場合は 500 に値を修正する。このような決め方をしている理由は、避難者数が急激に変動する事は考えにくいため、前回の値を考慮して値を決定している。

物資量m_xの決め方:1-125 の範囲の整数値をランダムに決定し、この値を避難者数n_xで割ったものを配布する。

割引率を求める式

割引率は避難者ごとに異なるため一意に決められるものではないが、今回のシミュレーションでの割引率δi_xの値は 1-x/50000 に近いものを設定した。

4. 結果

帰るタイミングについて、条件式を用いて決めた場合と完全にランダムに決めた場合について、帰るタイミングでの効用の競合比について調べた。それぞれ 100 回ずつシミュレーションを行い、平均を計算した。その結果、条件式を用いて帰るタイミングを決めた場合の競合比は 0.69 なのに対し、完全にランダムに帰るタイミングを決めた場合の競合比は 0.57 となった。

5. 考察

条件式を用いて帰るタイミングを決めた場合は、そうでない場合と比較して競合比の値が 0.12 上がった。そのため、帰るタイミングを決めるためのある程度妥当な条件式ができたと考える。

6. 結論

本研究では避難者の人数推移や物資量推移に関してランダムであるという前提をおいたが、実際のデータを考慮した評価が今後の課題である。

参考文献

[1]藤原洋志、岩間一雄「レンタルスキー問題に対する平均的競合比の解析」
情報処理学会研究報告, Vol. 2001-AL-76, pp. 43--50, 19 January, 2001