

ロジスティクスをめぐる資源配分問題

—ゲーム理論と組み合わせ最適化による実問題への挑戦—

早稲田大学 東京工業大学 岩手県立大学

毛利裕昭 武藤滋夫 渡辺隆裕

(01604880) (01602970) (01900732)

1. 問題意識

近年のサプライチェーンムーブメントの中で、ロジスティクスにおける資源配分問題は非常に重要な問題である。その背景となる事柄を以下に記す。

- ・ サプライチェーンにおけるロジスティクスでは、複数の階層において資源を配分する必要がある
- ・ 資源配分においては供給者、需要者が複数である可能性がある
- ・ 資源配分をする際、供給者、需要者すべてが納得しうる配分の方法が必要

それに対してORはどんな解決案を提示しうるか？

- ・ 資源配分の数理的アプローチとしては、**ゲーム理論**に実績がある
- ・ 現在のサプライチェーンにおけるロジスティクスの様々な場面の数学表現として**組み合わせ最適化問題**がからむ

ORのこれら2つの手法をブレンドして良い解決案を見出すことは、ORを研究、実践するものにとって非常に時流にあった挑戦する価値の高い問題である。日本OR学会「統合オペレーション」研究プロジェクトG3のゲーム論研究グループ（仮称：武藤、渡辺、毛利）ではこの問題に積極的に挑戦して行く予定である。

2. 過去におけるゲーム理論の代表的な資源配分問題に関する研究

資源配分問題では「費用配分問題」が今なお大きなテーマの一つである。具体例を列挙すると

- ・ TVAの費用配分問題[R] (ゲーム理論登場以前に

提示された問題であるがゲーム理論の言葉でコアによる解決案の提示)

- ・ 水資源費用配分問題[O] (Okada, N: 仁による解決案の提示)
- ・ 神奈川県の水資源費用配分問題[S] (鈴木・中山: 仁による解決案の提示)
- ・ 飛行場への着陸料金問題[L] (Littlechild and Thompson: 滑走路を互いに素な部分に分解し、その部分の費用の和を料金とする解決案の提示)
- ・ Cornell大学の電話料金問題[B] (Billera et al.: Aumann-Shapley valueによる解決案の提示)
- ・ タルムードの破産問題[A] (ユダヤの古代教典にある遺産配分法: Aumann and Maschler が仁であることを証明)

3. 伝統的なゲーム理論の問題点

3. 1 理論的問題点

いままでの費用配分問題の殆どは協力ゲームの伝統的な解 (コア、安定集合、Shapley 値、仁、カーネル、 τ 値) の枠組でのみ議論されていた。

(その理由)

- ・ 2.で挙げたほとんどの問題はすべてプレイヤーが少ない問題
- ・ よって、提携値を計算するのに計算量がほとんど問題にならない

(理論家からの問題点の指摘)

- ・ 組み合わせ最適化の構造が問題に入り込むことによって、伝統的なゲーム論の解は直接的な計算では莫大な計算量を要求する。(例えば、配送計画問題-Vehicle Routing Problem-で、各配送先によって費用分担を考えた場合、1つ1つの提携値を求めるのに NP 困難な問題を解くこと

になる。それを全ての提携について求めることが必要である。必要とされる提携値の数は配送先の数の増加に対し指数的に増加する)

- ・ いままでの理論的研究はコアの存在条件、コアが空になる例の提示が多くを占めていたが一意解を計算の理論の上で効率的に得る必要性がある

3. 2 実務的問題点

- ・ いままでのゲーム論の文脈における費用配分問題におけるプレイヤーは、すべて同等の立場であり、その上下関係、政治的圧力関係等が議論されていない。提携が成立する前提が安易である
- ・ ある実務家の立場では納得できれば（極論すれば個人合理性と全体合理性のみで納得できる場合もある）解集合から任意の1つを提示されるのみで十分である

4. 現実の問題を解決するための理論家のすべきこと

- ・ 提携のための前提が十分に議論されていないので、プレイヤーが提携交渉のテーブルにつくための理論が必要

(対策1)

→経済的合理性だけでなく（つまり費用という尺度だけでなく）、企業同士の関係を示す条件等をモデルに持ちこむ

→複数の尺度をもったものが上手くゲームの解に考慮できれば、配送計画問題における時間指定問題などにも応用が可能である。しかし、その尺度の順序構造の性質が良くなければ解決は困難

(対策2)

→企業を提携のテーブルにつかせるための非協力ゲームを行う

→第一案としては有限期間の交渉ゲームがありうる

(対策3)

→オークションを利用する（問題のすべてを包含してオークションで解決するという方法もありうる）

- ・ 協力ゲームの伝統的な解を利用する場合、直接的計算はサプライチェーンのようなプレイヤーが多数なゲームを解くに当たっては致命的

(対策1)

→計算量を減らす新たな数学アルゴリズムの開発 [K](Kuipersらの研究の方向性)

(対策2)

→伝統的な解の公理系そのものを見なおしを行い、アプリケーションごとになにが公正な解を導くか公理系を新たに設計する。現実条件をさらに考慮しつつも多項式オーダーで解が求まる数学アルゴリズムの設計を行う [M](毛利他.の方向性)

Bibliography

- [A] Aumann, R. J. and M. Machler, M. (1985) 'Game theoretic analysis of bankruptcy problem Princeton from the Talmud', *Journal of Economic Theory*, 36.: 195-213.
- [B] Billera, L.J. et. al. (1978) 'Internal telephone billing rates -a novel application of non-atomic game theory', *Operations Research*, 26:956-965.
- [L] Littlechild, S.C. and Thompson, G.F. (1977) 'Aircraft landing fees: a game theory approach', *Bell Journal of Economics*, 8: 186-204.
- [K] Derks, J.J.M. and Kuipers, J. (1997) 'On the core of routing Games', *International Journal of Game Theory*, 26:193-205 .
- [M] 毛利, 他 (1997) '共同配送問題における費用分担', *Journal of the Operations Research Society of Japan*, 40-4:451-465.
- [O] Okada, N. (1985) 'Cost allocation in multipurpose reservoir development: the Japanese experience' in: H.P. Young, ed., *Cost Allocation: Methods, Principles, Applications*, Amsterdam: North Holland
- [R] Ransmeier, J.S. (1942) 'The Tennessee Valley Authority: A Case Study in Economics of Multiple Purpose Stream Planning', Nashville, TN: Vandervilt University Press.
- [S] 鈴木・中村(1976), 『社会システム』共立出版.