

1. 目的関数の妥当性について（とくに社会面）

- スライド21では、持続可能性の社会的要素に使用される様々なタイプの測定値/指標を示しました。既存の文献レビューによれば、これまでの研究では、次のような測定値/指標が使用されていることが分かりました。
 - 顧客サービス信頼度の最大化
 - 従業員の労災事故の最小化
 - 就労数の最大化等

持続可能性の社会的要素を定量的に測定するための絶対的な指標はないと思われます。したがって、この研究においては、私は、非常に単純な尺度である「未充足ニーズ（商品の総需要量と流通量の差分）」の最小化を選びました。

- 実際に企業が社会的要素を選択する際は、企業の方針や計画、業務の範囲、**CSR**の目標等を考慮する必要があります。
 - 今後の研究において、このテーマに関心のある企業等と緊密に連携して、より有効な目的関数を開発する必要があります。

2. 数値実験における各変数（需要やキャパシティー）の設定の仕方と妥当性について

- データは、ネパールの事例を用いて計算しました。
- 顧客の需要データについては、ネパールの様々な地区の人口の割合を表しています。
- 異なる階層（発地、中継地、着地）間の距離は、異なる地区間の実際の距離のデータを使用しました。
- 供給拠点や物流施設の容量はランダムに選択され、また輸送車両の積載量はネパールで利用可能な貨物車両に基づいています。
- 輸送費はネパールでの実際の輸送費に基づいて計算し、また施設建設の固定費は著者のネパールの知識に基づいています。
- 二酸化炭素の平均排出量は、McKinnon(2018) (Alan McKinnon、Coyle、2007年のデータ) に基づいて計算しており、道路輸送の場合、62g CO₂ / トン-kmです。
- 物流施設による二酸化炭素排出量は、Rüdiger et al., (2016) に基づいています。

参照：1. McKinnon, A. and Piecyk, M. (2018) "Measuring and Managing CO2 Emissions of European Chemical Transport". Report.

2. Rüdiger, D., Schön, A., and Dobers, K. (2016) "Managing greenhouse gas emissions from warehousing and transshipment with environmental performance indicators". Transport Research Procedia, Volume 14, pp. 886-895 pg. 894]

3. 多目的最適化問題を解く際の境界値 ϵ_2 、 ϵ_3 の設定の根拠と妥当性について

- ϵ_2 の境界値は、総コストを最小化する単一の目的の最適化モデルを用いて計算しました。この結果、その最適値、つまり最小総コストが得られます。
- 同様に、 ϵ_3 の境界値は、未充足ニーズ（商品の総需要量と流通量の差分）を最小化する単一の目的の最適化モデルを用いて計算しました。この結果、その最適値、つまり未充足ニーズの最小値が得られます。
- 境界値は、 ϵ_2 及び ϵ_3 の最適値によって変わります。

4. 目的変数として残す関数を変えた場合の結果について

以下の2つの目的関数でオプションIIモデルの結果を説明します。

- 総コストの最小化に焦点を当てた場合、オプションIIモデルでは、物流施設F4、F5、F6及びF7が選択され、14のすべての顧客ゾーンの需要を満たすために、総コストが873.4万ドル（USD）、二酸化炭素総排出量が50トン発生します。
- 二酸化炭素総排出量の最小化に焦点を当てた場合、オプションIIモデルでは、物流施設F1、F4、F5及びF6が選択され、14のすべての顧客ゾーンの需要を満たすために、総コストが969万ドル（USD）、二酸化炭素総排出量が38トン発生します。

この結果を要約すると、イプシロン制約法において目的関数を変更する（目的を総コストの最小化にするor二酸化炭素総排出量の最小化にする）と、これに伴って目的値（総コスト、二酸化炭素総排出量）と変数（物流施設の立地）の結果が変わります。

5. 多期間を考慮した需要変動に対する対応や複数の配送方法に関する拡張可能性について

適切な修正及びより詳細なデータを使用することにより、この研究で提示したモデルを拡張して、多期間にわたる需要変動を考慮した場合や、商品のアップストリームとダウンストリームの輸送に当たって複数の輸送モードを含める場合を計算することは可能です。