

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 9 日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25350443

研究課題名(和文)クラウド型環境リスク評価システムによる推計の信頼度向上メカニズム構築

研究課題名(英文) Mechanism Construction of Reliability Improvement for Estimation by Cloud Type Environment Risk Evaluation System

研究代表者

奥原 浩之 (Koji, Okuhara)

大阪大学・情報科学研究科・准教授

研究者番号：40284161

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：環境リスク物質排出量の見積もりに取り組み、数理モデルとして定式化した。そこでは、製品、中間製品、サービスの環境リスク物質排出量の推計値は、組み込まれている原材料や資源、エネルギーを個別に選別して積算される。この構造を、多数の構成要素が影響を与えあう非線形大域結合写像として捉えて一般的な形でモデル化することにより、欠損や不確実性が存在するデータに対して、CVarなどのリスクを考慮した評価基準のもと推定値を得る手法を提案した。

研究成果の概要(英文)：I worked on the estimation of the environmental risk material discharge and formulated it as a mathematics model. In the system, a product, an intermediate product and the service, the estimated value of the environmental risk material discharge are multiplied for each like incorporated raw materials and resources and energy, individually. I showed this structure as the nonlinear global coupled map which affects a large number of components and modelled it in general form. Furthermore, I suggested technique to obtain estimated value in consideration of risks such as CVar for the data which exist a loss and uncertainty.

研究分野：知能情報工学

キーワード：環境 モデル化 最適化 制御

1. 研究開始当初の背景

研究代表者は、「企業・消費者の観点からの環境合理性を考慮した数理モデルによる環境調和に向けた解析」に関連して、データ収集を目的とした「環境リスク物質排出量」をクラウドで管理する eL-Platform 試行版 (β版) を統計数理研究所と協力して開発した (図 1 参照)。

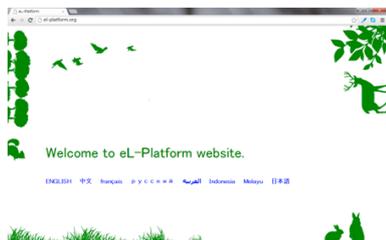


図 1 eL-Platform 試行版

CFP(Carbon Footprint of Products)などの認証機関で検証を得ることでデータの信頼性が保証される。しかしながら、現実には、すべての製品、中間製品、サービスのデータについて検証が行われることは困難である。そのため、積算に必要な組み込まれている原材料や資源・エネルギーに対して信頼できるデータが存在しない場合への対応は、信頼性に依拠するエビデンスベースの政策立案のためにも非常に重要な問題である。

環境負荷見積りの手法には、積上げ積算方式と産業連関方式があるが、ボトムアップ的な推計とトップダウン的な推計のギャップをなくすため、モデリング、確率・統計、オペレーションズ・リサーチ、制御工学等の理論を活用して、実践的でより一般的な手法を明らかにすることは急務とされていた。

そこで、欠損データに対して精度のよい仮の値が設定できれば、間接的に登録されている製品、データの信頼性の向上に有用であることなどから、クラウド型環境リスク評価システムで推計される製品、中間製品、サービスの環境リスク物質排出量の信頼性向上が求められていたことが、研究開始当初の背景である。

2. 研究の目的

安全・安心で持続的な社会を実現する政策立案のためには、環境リスク物質排出量を推計値等で把握する必要がある。また、企業において環境負荷削減、規制有害物質管理への取組みにより環境調和実現が求められている。そのような取組み例に CFP 認証があるが、現実には、すべての製品、サービスについてデータの検証が行うことは困難である。

本研究課題では、ボトムアップ的な推計とトップダウン的な推計のギャップを小さくするように、欠損データに対して精度のよい仮の値の設定方法を導出する。そのうえで、

環境リスク物質総排出量の削減につながる仕組みを提案する理論的かつ実践的な試みである。

このことにより、CVar などにより、リスクを考慮しつつ、ロバストなエビデンスベースの制度設計に至る一連のメカニズムの実現に貢献することが研究目的である。

トライアンドエラーで学習的に、システム内での自動的な数値計算を繰り返すことにより整合性がとれるように欠損データの仮の値を調整する仕組みを明らかにする。

3. 研究の方法

製品、中間製品、サービスの環境リスク物質排出量の推計値は、組み込まれている原材料や資源・エネルギーを個別に選択して積算される。この構造を、多数の構成要素が影響を与えあう非線形大域結合写像として捉えて一般的な形でモデル化する。

一般に認証済みの信頼できるデータと欠損データが存在するため推計値の信頼性が保証できない。そこで、精度の良い欠損データの推定値を検証済みのデータや、欠損データが属するカテゴリでの確率・統計的手法による推定法を導出する。

ランダムイズドアルゴリズムなどにより数値解析を行うことで、環境リスク物質排出量のロバストな推定値の範囲を明らかにすることを考える。このようにして得られるミクロデータの積み上げ方式による推計値と、マクロデータを活用した産業連関方式などによる推計値とのギャップを小さくし、整合性が成り立つようにフィードバック情報で欠損データの推定値を調整していく手法を構築する。

4. 研究成果

製品、中間製品、サービスの環境リスク物質排出量の推計値は、組み込まれている原材料や資源・エネルギーを個別に選択して積算される (図 2 参照)。

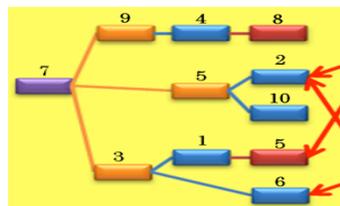


図 2 積み上げ方式の概念図

この構造を、多数の構成要素が影響を与えあう非線形大域結合写像として捉えて一般的な形でモデル化した (図 3 参照)。

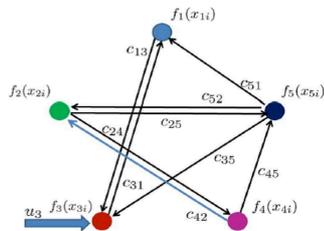


図3 多数の素子が結合したモデル

マイクロデータの積み上げ方式による環境リスク物質排出量の推計値と、マクロデータを活用した産業連関方式などによる推計値との間には、そのままではギャップが生じていると考えられるため、これらを小さくし、整合性が成り立つ推定値を決める必要がある。そこで、マイクロデータとマクロデータそれぞれからのアプローチを双対関係で捉えて、データ包絡分析やゲーム理論を適用して、双対ギャップが小さい妥当な推定値を導いた。

そのために、素子間の接続関係と影響度を行列表現し(図4参照)、数学的にモデル化できるインターフェースを開発した。

$$\tilde{a} = \begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & -2 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & -2 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & -3 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

図4 接続関係と影響度の行列表現の例

その上で、分析と制御を行うために、入れ子構造となっている環境リスク物質排出量の積算メカニズムを多数の構成要素が影響を与えあう非線形大域結合写像として捉えて以下のような一般的な形でモデル化した。

$$\frac{dx_i}{dt} = f_i(x_i) + \sum_{j=1}^N c_{ij} a_{ij} \Gamma(x_j - x_i)$$

上式で表現が出来る環境は広範囲であるため、ボトムアップ的な積み上げ積算方式とトップダウン的な産業連関方式の推計のギャップを明らかにして、双対ギャップとして捉えることで整合性がある妥当な推定値を決定する目的に適用が可能である。

例えば、積み上げ方式による接続関係を変化させることなく、影響度のみを制御することにより、環境負荷推計量を低く抑えるために以下のような関係式を導いた。

$$\sum_{j=1}^{m_i} \Delta \tilde{c}_{ij} = - \frac{\text{diag}(-\Lambda + \frac{1}{2}G + \frac{1}{2}G^T - K)}{m_i} + \sum_{i=1}^{m_i} \tilde{c}_{ij}$$

得られた結果を、システム内で自動処理させることで整合性が成り立つかどうかをトライアンド・エラーで繰り返し観測することで、強化学習やフィードバック情報による制御で欠損データの推定値を調整していく手法を構築した(図5参照)。

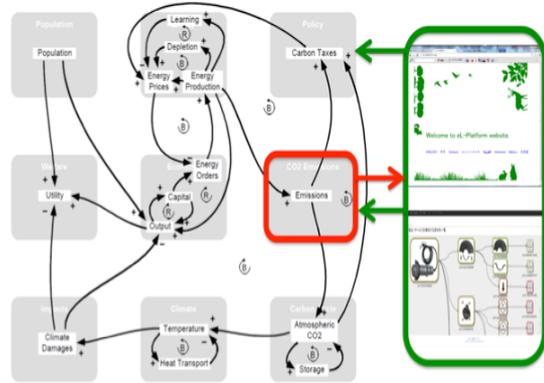


図5 クラウド型環境負荷見積もりシステムの組み込み例

数値実験では、本研究で得られた制御則を施すことにより、不安定であった振る舞いが負荷を下げる方向に制御可能であることを示した(図6参照)。

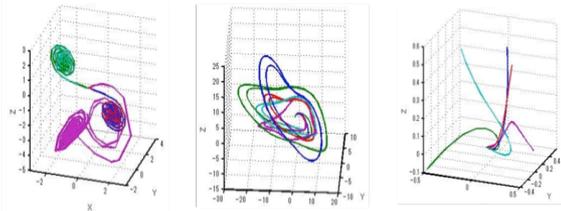


図6 トライアンド・エラーによる調整にもとづいた負荷制御

さらに、具体的な生産計画問題を取り上げて、内示情報が与えられたもとでサプライチェーンにおけるリスクをCVARで評価して、ゲーム理論のシャープレイ値による望ましい負荷の配分についても明らかにし(図7参照)、研究成果として学術雑誌において公開した。

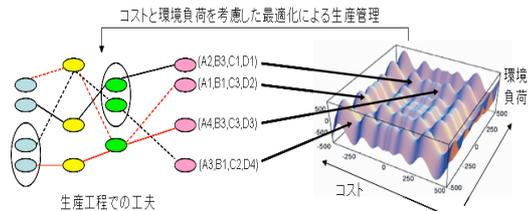


図7 リスク指標を考慮した新しい最適化手法による負荷配分

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 14 件)

1. 上野信行, 田口雄基, 奥原浩之 “AVaR に基づいた週間生産計画法の提案-ゲーム理論的アプローチ”, 日本オペレーションズ・リサーチ学会論文誌 (2015)
2. Antonio Oliveira Nzinga Rene, Eri Domoto and Koji Okuhara, “Shapley Solution Obtained via LP Using the Minimax Characteristic Function”, ICIC Express Letters (2015)
3. 奥原浩之, “報酬駆動型システムにおける報酬の設計と報酬による最適化”, システム/制御/情報, Vol. 58, No. 11 (2014)
4. 上野信行, 李偉, 韓虎剛, 奥原浩之, “内示情報を用いた在庫補充方策の特性解析”, 日本経営システム学会論文誌, Vol. 31, No. 1, pp. 37-44 (2014)
5. Antonio Oliveira Nzinga Rene, Eri Domoto, Yu Ichifuji and Koji Okuhara, “A Social Network Analysis Based on Linear Programming-Shapley Value Approach for Information Mapping”, Proceedings of The 2nd Multidisciplinary International Social Networks Conference, p. 41, Matsuyama, Japan (September 1-3, 2015)
6. Koji Okuhara and Ryo Haruna, “Fuzzy Shapley Value Based on Linear Solvable Formulation”, Proceeding of 10th International Conference on Innovative Computing, Information and Control, p. 184, Dalian, China (August 20-22, 2015)
7. Junko Shibata, Koji Okuhara, Shintaro Mori and Shogo Shiode, “Influence that Basic Mathematics Gives to Understanding of Economics”, Proceeding of 10th International Conference on Innovative Computing, Information and Control, p. 109, Dalian, China (August 20-22, 2015)
8. Antonio Oliveira Nzinga Rene, Nobuyuki Ueno, Yuki Taguchi and Koji Okuhara, “A Proposal for Multi-Period Production Planning Based on Linear Programming-Shapley Value Approach”, Proceeding of 10th International Conference on Innovative Computing, Information and Control, p. 59, Dalian, China (August 20-22, 2015)
9. Antonio Oliveira Nzinga Rene, Nobuyuki Ueno, Yuki Taguchi and Koji Okuhara, “Order Quantity Derivation Based on Risk Allocation in Production Planning”, Proceedings of The 4th International Conference on Informatics and Application Computing, pp. 202-208, Takamatsu, Japan (July 20-22, 2015)

10. Eri Domoto, Antonio Oliveira Nzinga Rene and Koji Okuhara, “Quality of Education Founding on Students' GPA, PBL and Entrance Examination”, Proceedings of The International Conference on Electronics and Software Science, pp. 256-261, Takamatsu, Japan (July 20-22, 2015)

11. Koji Okuhara, Hiroshi Tsuda and Hiroe Tsubaki, “Extraction of Indirect Effect among Sectors in Industrial Network Based on Input-Output Data”, Proceeding of 2014 International Conference on Multidisciplinary International Social Networks, pp.383-392, in CD-R(ISSN 1865-0929), Kaohsiung, Taiwan (September 13-14, 2014)

12. Eri Domoto, Antonio Oliveira Nzinga Rene and Koji Okuhara, “Analysis for Employment Support Using Student Data”, Proceeding of 2014 International Conference on Multidisciplinary International Social Networks, pp. 179-188, in CD-R(ISSN 1865-0929), Kaohsiung, Taiwan (September 13-14, 2014)

13. Junko Shibata, Koji Okuhara and Shogo Shiode, “Improvement of Achievement Level Using Student's Relational Network”, Proceeding of 2014 International Conference on Multidisciplinary International Social Networks, pp. 334-344, in CD-R(ISSN 1865-0929), Kaohsiung, Taiwan (September 13-14, 2014)

14. Ryo Haruna and Koji Okuhara, “Finding Pareto Optimum Solution among Cost, Health Risk and Environmental Burden in Recycling Cooking Oil”, Proceedings of 2nd International Conference on Technology, Informatics, Management, Engineering & Environment, pp. 37-42, Bandung, Indonesia (August 19-21, 2014)

[学会発表] (計 5 件)

1. Koji Okuhara, Yu Ichifuji and Noboru Sonehara, “Derivation of Path Rnaking in Graph Based on Route Activity Level of Network”, Proceedings of the 28th Annual Conference of Biomedical Fuzzy System Association (BMFSA2015), pp. 305-306, Kumamoto, (Nov. 21-22, 2015)

2. 春名亮, 奥原浩之, 一藤裕, 曾根原登, “個人の属性と対象の特性を考慮した選択のモデル化”, 第 28 回バイオメディカル・ファジィ・システム学会年次大会講演論文集 (BMFSA2015), pp. 259-260, 熊本, (Nov. 21-22, 2015)

3. Antonio Oliveira Nzinga RENE, Nobuyuki

Ueno and Koji Okuhara, “Coalitional Model Applied to Production Planning Based on CVaR Approach”, Proceedings of the 28th Annual Conference of Biomedical Fuzzy System Association (BMFSA2015), pp.195-196, Kumamoto, (Nov. 21-22, 2015)

4. レネ アントニオ, 田口雄基, 奥原浩之, 上野 信行, “Multi-period Production Planning Considering Resilience Based on Constrained Shapley Value”, 第54回日本経営システム学会全国研究発表大会講演論文集, pp.86-87, 前橋, (May 30-31, 2015)

5. 田口雄基, 上野信行 奥原浩之, 小出哲彰, “Conditional-Value-at-Riskによるリスクを考慮した多期間生産計画の解法”, 第13回情報科学技術フォーラム講演論文集, 筑波, (September 3-5, 2014).

[図書] (計1件)

1. Leon Shyue-Liang Wang, Jason J. June, Chung-Hong Lee, Koji Okuhara and Hsin-Chang Yang, “Multidisciplinary Social Networks Research”, Springer

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

出願年月日:

国内外の別:

○取得状況 (計0件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

取得年月日:

国内外の別:

[その他]

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

奥原浩之 (Koji OKUHARA)

大阪大学大学院・情報科学研究科・准教授

研究者番号: 40284161

(2) 研究分担者 なし

()

研究者番号:

(3) 連携研究者 なし

()

研究者番号: