

集団意思決定ストレスを考慮した AHPによる温室効果ガス削減目標の提案

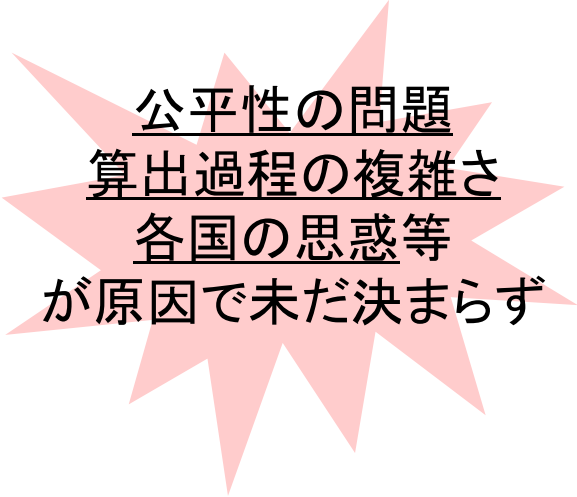
発表構成

1. 研究背景
 2. 研究目的
 3. AHP分析
 4. 感度分析
 5. まとめと今後の課題
- 参考文献
 - *Appendix*

東京理科大学 工学部 経営工学科
山口研究室所属 酒井 雄介

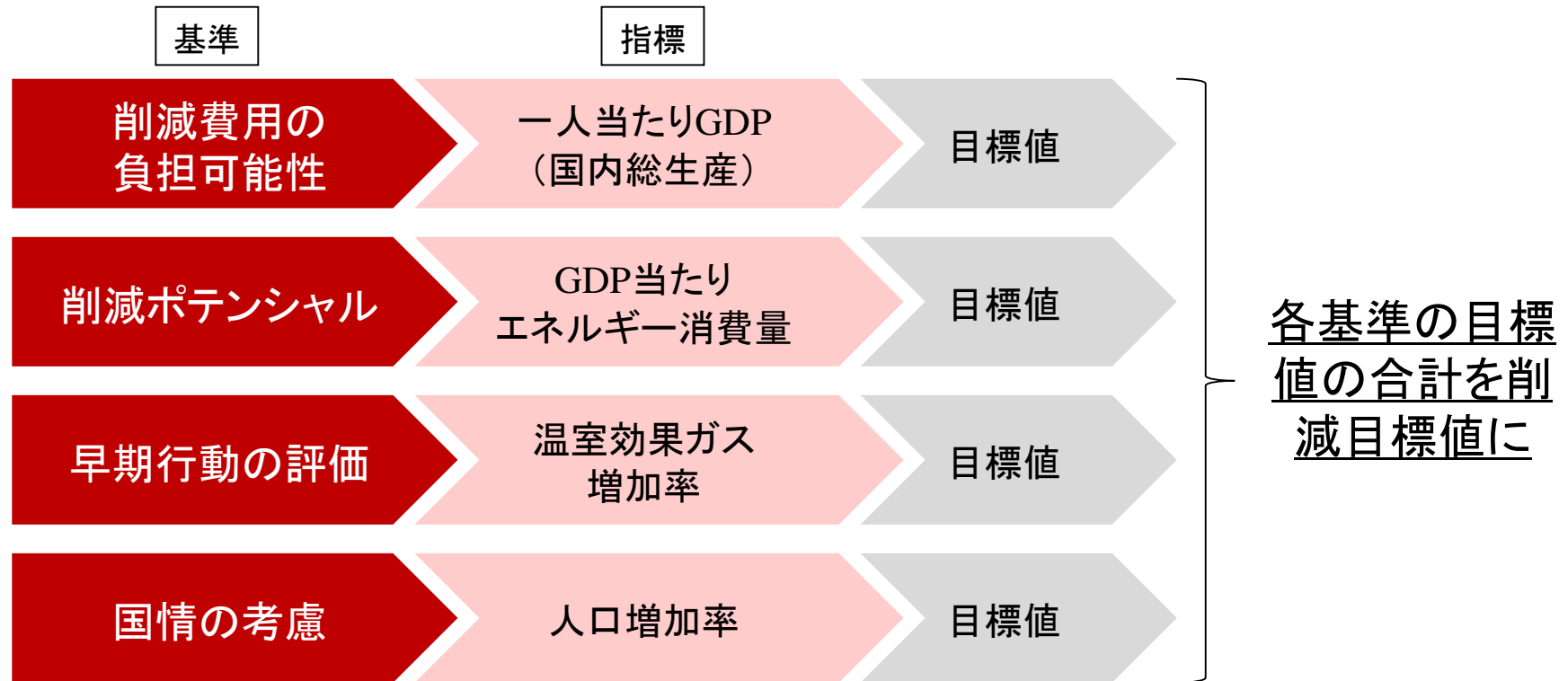
- ポスト京都議定書とは
 - 京都議定書の効力が切れる2013年以降の、世界の温室効果ガス削減の枠組み。
- 現在具体的に議論されているのは、2013年から2020年までの先進国の削減目標値

- ✓ 基準にはどんな要素が必要か。
 - 能力, 実効性, 責任? [5]
- ✓ 指標はどのデータを用いるか。
- ✓ 目標値をどう求めるか。



公平性の問題
算出過程の複雑さ
各国の思惑等
が原因で未だ決まらず

- EU（欧州連合）が提案した基準と指標^{[4][6]}



必要といわれる要素を全て満たす基準や、目標値を非常に簡単に算出できることから、各国の削減目標値を決める方法として有力視される。

- 現在各国が表明している目標値とEU提案による算出値とが、大きく異なる国の存在。
 - 各基準の重要度(どの基準がどれだけ重要か)を考慮していないからではないか。
- 現段階ではEUが提案した一案にすぎず、合意性に欠ける。
 - 先に決められた先進国全体の目標値は、1990年比で「20%から45%削減」^[6]と幅があり、合意性を高めるためには提案の目標値にも幅を持たせるべき。

表1: EU提案の算出値と表明値

	EU提案	表明値
オーストラリア	-39%	-10%
カナダ	-39%	-21%
EU	-24%	-13%
日本	-29%	-30%
アメリカ	-34%	-14%

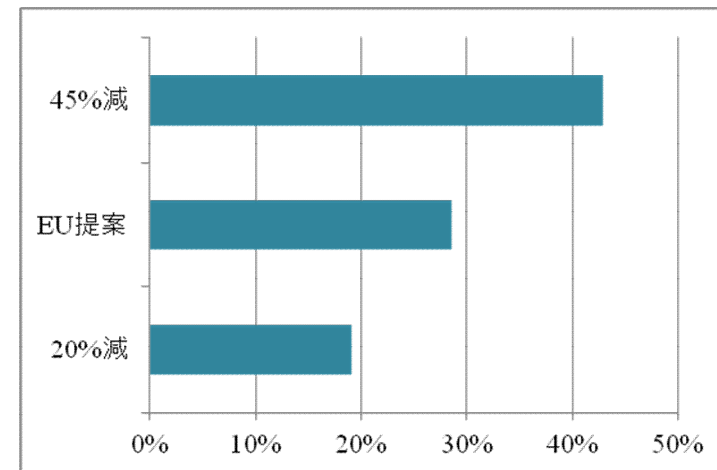


図1: 2005年比の先進国全体の温室効果ガス削減目標の比較

- AHPと集団意思決定ストレス法によって、EUが提案した削減目標値を決める基準の重要度を求める。
- 各基準の重要度を考慮した新しい削減目標値を求め、従来の目標値と比較・考察する。



より合意性の高い削減目標の提案

AHP: Analytic Hierarchy Process

問題を階層構造に分解し、代替案の重要度を求める意思決定手法

1. 階層図の作成

- 本研究では、評価者(先進各国)を階層構造に組み込むことで、各国の発言力(重み)と基準に対する評価を集団意思決定に反映させる(アクター法^[3]).

2. 各基準の評価と各国の重み付け

- 指標データをもとに各国の各基準に対する評価値を求める.
- 集団意思決定ストレス法^[4]によって各国の重み付けを行う.

3. 決定基準の重要度を求める

- 1., 2.の結果から、決定基準の重要度を求める.
- さらに、求めた重要度から削減目標値を算出する.

総合目的
削減目標値を決める基準の重要度を求める

評価者
主要国首脳会議(G8)加盟国および京都議定書における附属書I国

評価対象
温室効果ガス削減目標の決定基準
(以後記号で簡略表記)

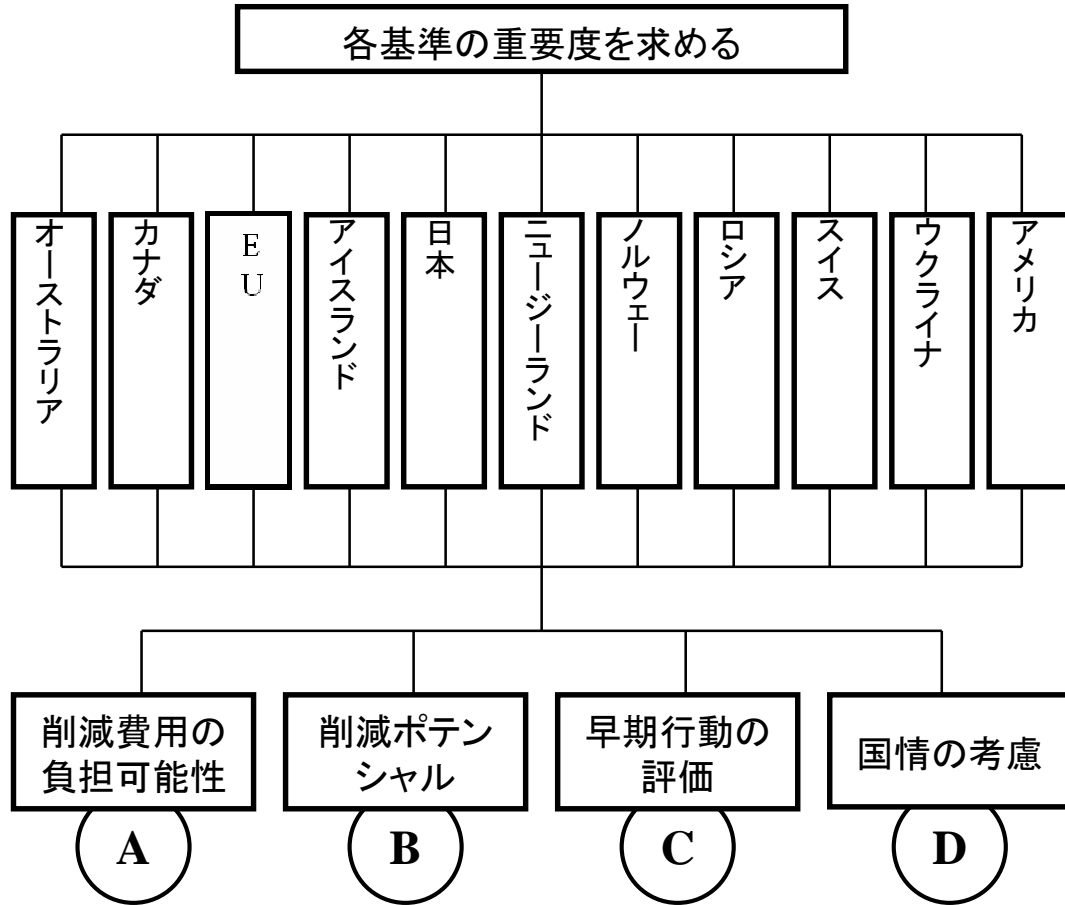


図2: 決定基準の重要度を求める階層図

- 各国の各基準に対する評価値を求める

- 通常のAHPであれば、アンケート等を用いて各代替案の一对比較を行い、評価値を求めるが、本研究では指標データから各国の各基準に対する評価値を推定する.

- 指標は各基準で単位や正負の優劣が異なるため、最小値が0, 最大値が1となるように正規化する(表2).


この値を評価値とする

表2: 各国の各基準に対する評価値

	A	B	C	D
オーストラリア	0.48	0.90	0.00	1.00
カナダ	0.48	0.92	0.02	0.87
EU	0.59	0.96	0.43	0.44
アイスランド	0.18	0.99	0.20	0.85
日本	0.47	0.99	0.24	0.43
ニュージーランド	0.62	0.94	0.02	0.99
ノルウェー	0.00	1.00	0.22	0.63
ロシア	0.95	0.34	0.68	0.20
スイス	0.22	1.00	0.30	0.60
ウクライナ	1.00	0.00	1.00	0.00
アメリカ	0.37	0.94	0.13	0.89

- 集団意思決定ストレス法^[4]を利用

集団意思決定ストレス法とは

数理計画法を用いて評価者を合理的に格付けすることによって、集団全体の意思決定ストレス(個人の不満の総和)を最小にする手法。

表3: パラメータ

i	評価者(各国)
j	評価要素 (各決定基準)
x_{ij}	評価者 <i>i</i> による評価 要素 <i>j</i> の評価結果 (表2の評価値)
w_i	評価者 <i>i</i> の格付け値
e_j	評価要素 <i>j</i> に関する 集団評価
S	集団意思決定スト レス

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1 \quad (1)$$

$$e_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (w_i \cdot x_{ij}) \quad (2)$$

$$S = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n (w_i \cdot x_{ij} - e_j)^2 \quad (3)$$

$$i = 1, \dots, n \quad j = 1, \dots, m$$

式(1)を制約式とし、式(3)を最小とする w_i の値 w_i^* を求める。

表4: 各国の重み

オーストラリア	8.7%
カナダ	9.4%
EU	10.0%
アイスランド	9.5%
日本	10.9%
ニュージーランド	8.3%
ノルウェー	10.4%
ロシア	8.0%
スイス	10.6%
ウクライナ	4.6%
アメリカ	9.5%

各基準の評価値(表2)

各国の
重み(表4)

$$E = \begin{bmatrix} 0.48 & 0.90 & 0.00 & 1.00 \\ 0.48 & 0.92 & 0.02 & 0.87 \\ 0.59 & 0.96 & 0.43 & 0.44 \\ 0.18 & 0.99 & 0.20 & 0.85 \\ 0.47 & 0.99 & 0.24 & 0.43 \\ 0.62 & 0.94 & 0.02 & 0.99 \\ 0.00 & 1.00 & 0.22 & 0.63 \\ 0.95 & 0.34 & 0.68 & 0.20 \\ 0.22 & 1.00 & 0.30 & 0.60 \\ 1.00 & 0.00 & 1.00 & 0.00 \\ 0.37 & 0.94 & 0.13 & 0.89 \end{bmatrix}^T \begin{bmatrix} 0.087 \\ 0.094 \\ 0.100 \\ 0.095 \\ 0.109 \\ 0.083 \\ 0.104 \\ 0.080 \\ 0.106 \\ 0.046 \\ 0.095 \end{bmatrix} \\ = [0.45 \quad 0.87 \quad 0.26 \quad 0.65]^T \quad (4)$$

表5: 各基準の重要度

	A	B	C	D
重要度	20.0%	39.0%	11.7%	29.3%

- (4)式の結果から、各基準の重要度(表5)が得られた。
- 表5から、先進国全体では基準BとDを重視し、基準AとCを軽視するという結論となった。
- ただこの結果は、各国の重み付けが大きく関与していると考えられる。
 - 重み付けの感度分析を行う。

- 各国の重みを変動させ,
 1. 各基準の重要度の変化を分析する
 2. 全体のストレスの変化を分析する
 3. 1., 2.の結果から新たな削減目標値を求める

ただ、ある一国だけ発言力(重み)が増減するという事態は考え難い...

- 各基準に対し、同じような評価をしている国をグループ分けし、グループごとに重みを変動させる。
 - グループ分けには主成分分析とクラスター分析を利用する

クラスター分析によるグループ分け

表6: クラスター分析に用いた主成分得点

	第1主成分	第2主成分
オースト	-1.27	0.91
カナダ	-1.05	0.64
EU	0.45	-0.30
アイス	-1.32	-0.41
日本	-0.09	-0.44
ニュージー	-1.06	1.18
ノルウェー	-1.20	-1.28
ロシア	2.88	0.32
スイス	-0.66	-0.86
ウクライナ	4.40	-0.02
アメリカ	-1.09	0.25

※累積寄与率: 95.8%

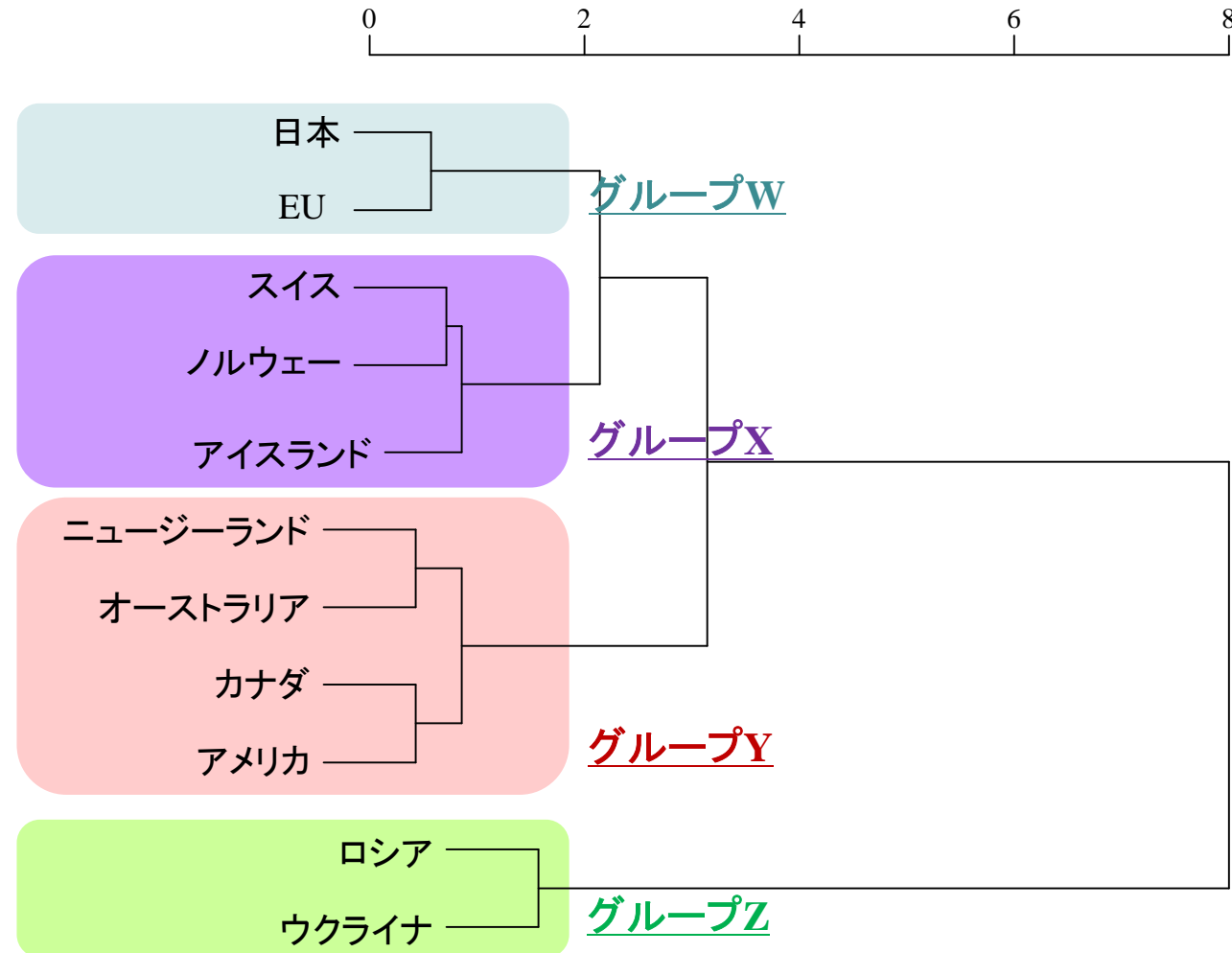


図3: デンドログラム (ウォード法, ユークリッド平方距離に基づく)

各主成分と各グループの解釈

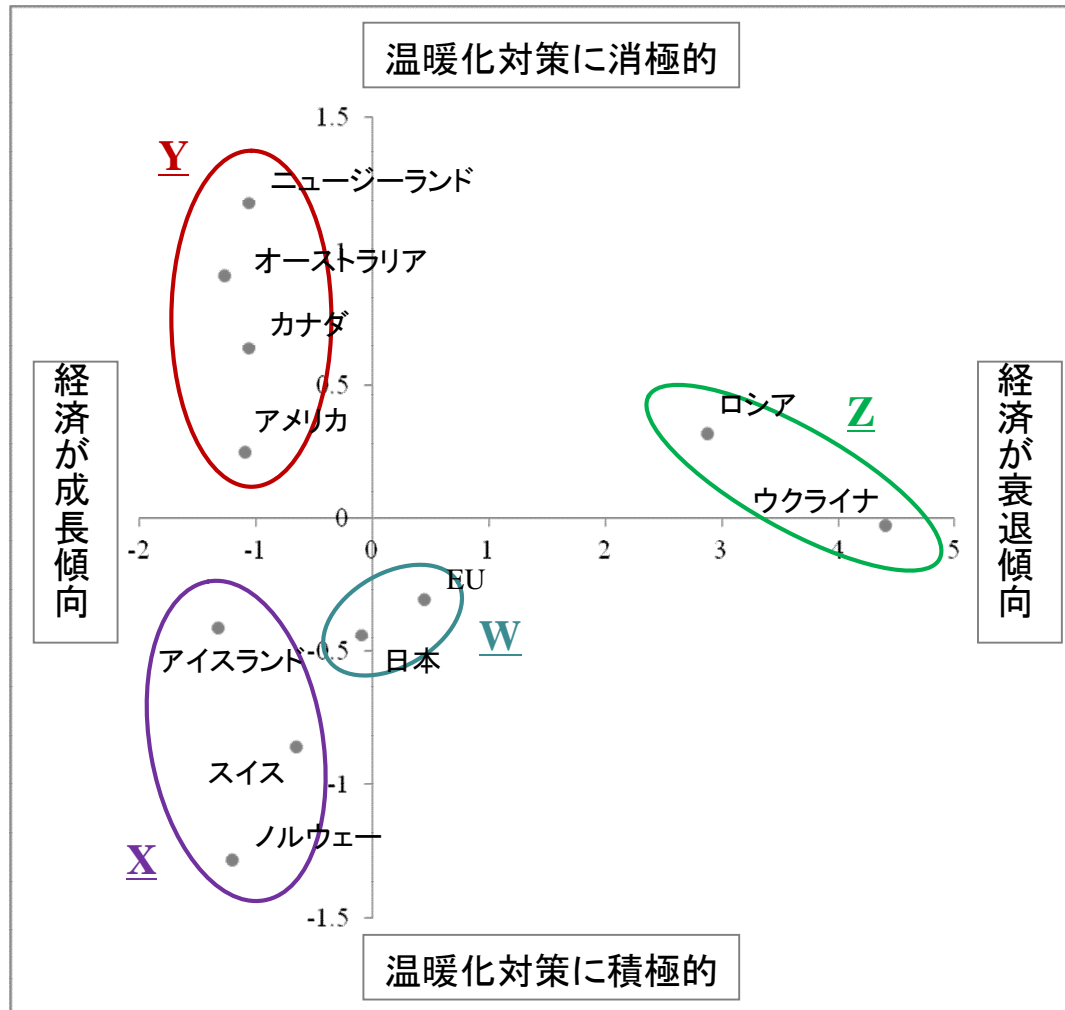


図4: 主成分得点プロット(横軸: 第1主成分, 縦軸: 第2主成分)

- W**

EU, 日本
温暖化問題への取り組みでリーダーシップを発揮。
- X**

欧州諸国 (EUを除く)
経済成長が著しく, 一人当たりGDPが極めて高い。
- Y**

北米, オセアニア諸国
人口増加が激しく, 温暖化対策に対し消極的。
- Z**

東欧(旧ソビエト連邦)諸国
経済衰退の影響で, 自然に排出量が減少している。

感度分析結果(各基準の重要度)

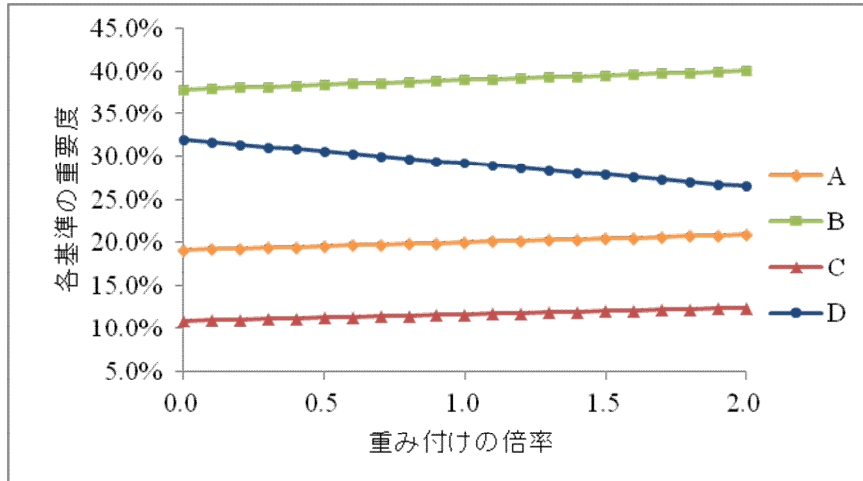


図5: グループWの重みを変動させたとき

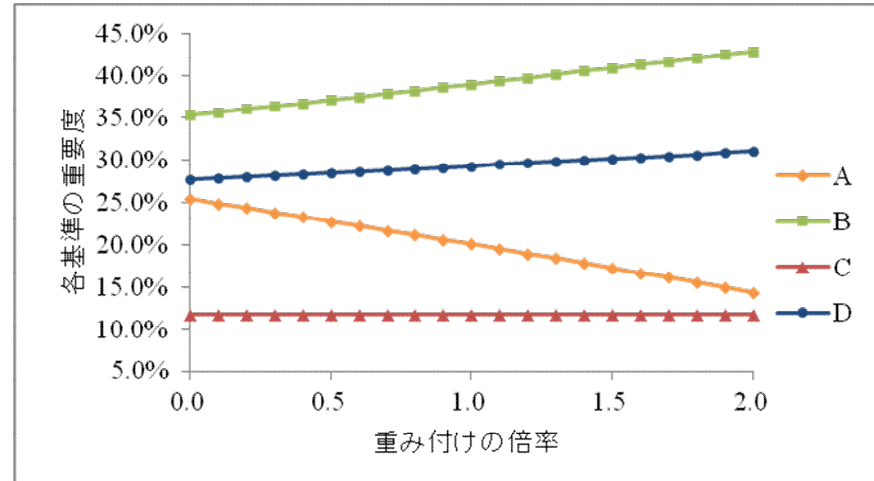


図6: グループXの重みを変動させたとき

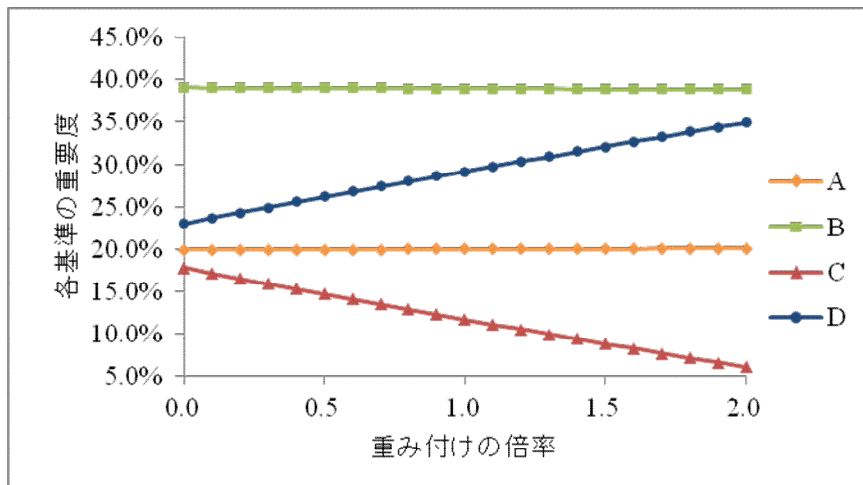


図7: グループYの重みを変動させたとき

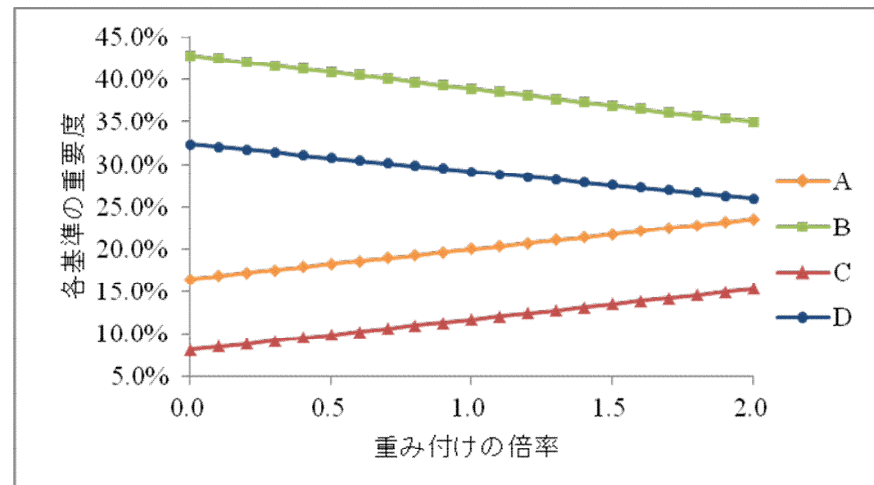


図8: グループZの重みを変動させたとき

- グループXとYの重みに比例して、基準BとDの重要度が高くなる(逆にグループWとZは低くなる).
 - AHP分析の結果と比較すると、集団意思決定にグループXとYの意向が多分に反映されていると推測できる.
 - グループXとYはグループWとZに比べて国数が多く、多数派有利の考えから、集団意思決定ストレス法でより強い重み付けが行われた可能性が考えられる.
- 同様に集団意思決定ストレス値を求め、最小値から2倍まで変動させたときの削減目標値を算出する.
 - 削減目標値の算出方法はAppendix.p24で解説.

削減目標値の算出

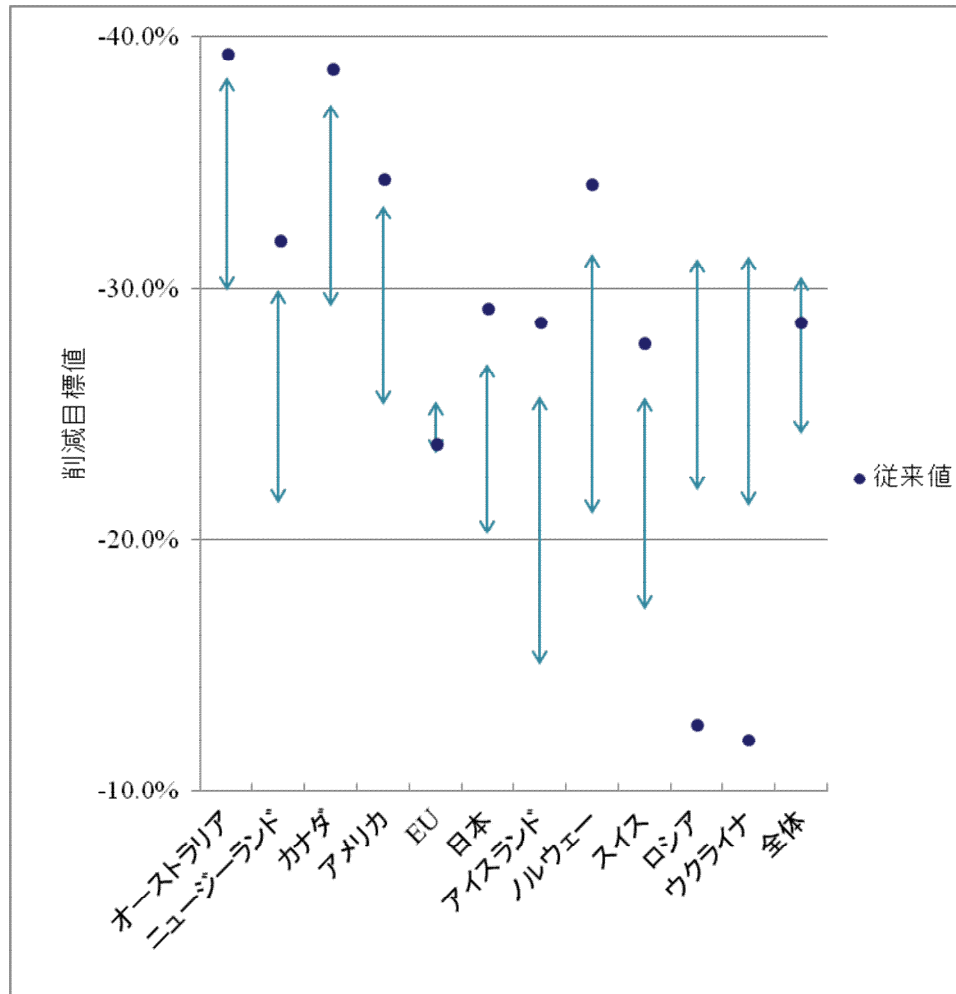


図9: 集団意思決定ストレス値が2倍になるまで各グループの重みを変動させたときの削減目標値

- 前頁の条件のときの、削減目標値の最大値と最小値、および従来値を図9に示す。
- 新たに算出した目標値はグループZ以外の国で従来値を下回った。この結果から、グループZの国はより野心的な目標値を設定する必要があるが、それ以外の国は従来値が高すぎることを示唆している。
- ただ全体では「1990年比で20%から45%削減」という条件を満たしており、本研究で算出した目標値の有用性はあると考える。

- AHPと集団意思決定ストレス法によって各国の重みや意向を数値化し、削減目標値を決める基準の重要度を求めた。
- ある一定の集団意思決定ストレスの範囲内で各グループの重みを変動させ、そのときの各基準の重要度から削減目標値を算出した。
- 今後の課題としては、各基準に対する評価方法をより各国の意向に沿うものに改善することや、算出した目標値の変動幅が異なる国の比較・考察などが挙げられる。

- 集団意思決定ストレス法による各国の重み付け
 - ラグランジュ未定乗数法を用いて制約式を解いた。その際の行列計算をプログラミングし実行した。
- 評価傾向が似ている国のグループ分け
 - 主成分分析とクラスター分析を利用した。
- 感度分析
 - 集団意思決定ストレス値が2倍になるときの、各グループの重みの変動倍率を計算した。



参考文献

- [1] 木下栄蔵 (2000)『入門AHP』日科技連出版社
- [2] 木下栄蔵 (1998)『孫子の兵法の数学モデル・実践編』講談社
- [3] 刀根薫 (1986)『ゲーム感覚意思決定入門』日科技連出版社
- [4] 中西昌武, 木下栄蔵 (1998)「集団意思決定ストレス法の集団AHPへの適用」
http://www.orsj.or.jp/~archive/pdf/e_mag/Vol.41_4_560.pdf (最終閲覧日: 2009/10/3)
- [5] 明日香壽川 (2009)「先進国削減目標(努力)の比較可能性について」『スクール「コペンハーゲン2009」: 第8回』WWFジャパン 気候変動プログラム
http://www.cneas.tohoku.ac.jp/labs/china/asuka/sectoral_approach_2.pdf (最終閲覧日: 2009/10/2)
- [6] IGES地球環境セミナー「コペンハーゲンに向けて日本の中期目標はどうあるべきか」
<http://www.iges.or.jp/jp/news/event/20090509midtermseminar/> (最終閲覧日: 2009/9/18)
- [7] Commission of the European Communities “European Commission Staff Working: Part I” (2009)
http://ec.europa.eu/environment/climat/pdf/future_action/part1.pdf (最終閲覧日: 2009/9/14)
- [8] Commission of the European Communities “European Commission Staff Working: Part II” (2009)
http://ec.europa.eu/environment/climat/pdf/future_action/part2.pdf (最終閲覧日: 2009/9/14)
- [9] 外務省: わかる！国際情勢 Vol.9「ポスト京都議定書」温暖化防止に向けた日本の提案
<http://www.mofa.go.jp/mofaJ/press/pr/wakaru/topics/vol9/index.html> (最終閲覧日: 2009/9/18)
- [10] 鳩山環境演説 国内合意なき25%削減の表明：社説・コラム：YOMIURI ONLINE(読売新聞)
<http://www.yomiuri.co.jp/editorial/news/20090923-OYT1T00957.htm> (最終閲覧日: 2009/9/26)

Appendix

EU提案による各国の2005年比削減目標



表6: EU提案による各国の2005年比削減目標^{[4][7]}

決定基準	削減費用の負担可能性 (A)	削減ポテンシャル (B)	早期行動の評価 (C)	国情の考慮 (D)	2005年比削減目標 (A, B, C, Dの合計値)	表明している最新の削減目標値
決定基準の数値を決める指標	一人あたりのGDP	GDPあたりのエネルギー消費量	温室効果ガス排出変化率	人口増加率		
対象年	2005年	2005年	2005年(1990年比)	2005年(1990年比)		
オーストラリア	-12.6%	-16.7%	-20.0%	10.0%	-39%	-10%
カナダ	-12.6%	-14.6%	-19.3%	7.8%	-39%	-21%
EU	-10.2%	-10.1%	-5.2%	1.7%	-24%	-13%
アイスランド	-17.3%	-4.9%	-14.0%	7.6%	-29%	-
日本	-12.8%	-5.6%	-12.5%	1.7%	-29%	-30%
ニュージーランド	-9.6%	-12.8%	-19.3%	9.8%	-32%	-
ノルウェー	-20.0%	-4.7%	-13.3%	3.9%	-34%	-
ロシア	-1.4%	-20.0%	8.0%	0.8%	-13%	-
スイス	-16.5%	-4.0%	-10.7%	3.4%	-28%	-
ウクライナ	0.0%	-20.0%	8.0%	0.0%	-12%	-
アメリカ	-14.3%	-12.3%	-15.9%	8.2%	-34%	-14%

日本以外の削減目標を公表している全ての国で算出値と公表値との間に大きな差が見受けられる。

※ 日本は国連の気候変動首脳級会合での鳩山首相の表明^[9]を反映



削減目標のもととなった各国のデータ

表7: EU提案のもととなった各国のデータ^[6]

	一人あたりのGDP	GDPあたりのエネルギー消費量	1990年～2005年までのGHG増加率	1990年～2005年までの人口増加率
算出指標	GDP/人口	GHG/GDP	GHG	人口
オーストラリア	28.1	0.80	27%	20.4%
カナダ	28.3	0.67	25%	16.5%
EU	22.5	0.43	-8%	4.0%
アイスランド	43.7	0.21	11%	16.1%
日本	28.7	0.24	7%	3.5%
ニュージーランド	21.2	0.56	25%	20.1%
ノルウェー	52.8	0.20	9%	9.4%
ロシア	4.3	4.41	-29%	-3.1%
スイス	41.3	0.17	2%	8.6%
ウクライナ	1.5	6.56	-55%	-9.0%
アメリカ	33.8	0.53	16%	17.1%

※ GHG: 温室効果ガス (Greenhouse Gas)



削減目標値を決める基準に必要な要素

表8: 削減目標を決める基準に必要な要素^[5]

	能力	実効性	責任
要素の意味	支払い能力	削減ポテンシャル	温暖化寄与度, 大気への権利
代表的な基準	GDP	生産原価単位当たり排出量	気温上昇への歴史的貢献
	一人当たりGDP	GDP当たり排出量	一人当たり排出量
		限界削減費用一定	絶対排出量

- EUの提案した削減目標の決定方法は、目標値を決める基準に必要な要素が全て含まれているため、有用性が高いといえる。



削減目標値の算出方法

表9: 各基準の重要度

	A	B	C	D	加重平均
重要度	20.0%	39.0%	11.7%	29.3%	25%

各基準の重要度を加重平均で割ると、目標値の係数が求まる。

表10: 各基準の目標値の係数

	A	B	C	D
目標値の係数	0.802	1.558	0.469	1.171

各国の削減目標値 = Σ (目標値の係数 × 基準の目標値)