

No.166

ナップサック問題への 2 近似算法について  
雑感

飯田浩志

2014 年 7 月

小樽商科大学商学部社会情報学科



# ナップサック問題への 2 近似算法について雑感

飯田浩志\*

2014 年 7 月 14 日

あらまし

各種ナップサック問題にかんして、いつもの 2 近似算法に<sup>かんれん</sup>関聯した事柄を書き留めておく。0-1KP に加へて SSP, UKP, BKP, MCK, MCSSP, KPMFC, CKP, CSSP, PKP, KSP, KPC および連続ナップサック問題に言及する。

キーワード: 組合せ最適化; ナップサック問題;  
2 近似アルゴリズム

古典的な 0-1KP, すなはち  $\max\{\sum_{j=1}^n p_j x_j \mid \sum_{j=1}^n w_j x_j \leq c, x_j \in \{0, 1\}\}$  へのいつもの 2 近似算法とは、全項が効率  $p_j/w_j$  の非昇順に整列済として  $k := \min\{\ell \mid \sum_{j=1}^{\ell} w_j > c\}$  に就き  $\{1, 2, \dots, k-1\}$  と  $\{k\}$  の悪くない方を選択するもので、最適値の半分を保証する [3, p. 462]。以降、OPT は“最適値”を表す。

先づ、0-1KP に就いて蛇足。2 近似算法の構成にあつては、重量にかんする制約を満たすふたつの解の価値の和  $\sum_{j=1}^k p_j$  が最適値以上であれば好かつた。此のことを敷衍すれば  $\forall j, w_j \leq c$  且つ  $\sum_j p_j \geq \text{OPT}$  だから、 $P := \max_j p_j$  は  $n$  近似値である、とも云へる。実際、例へば Kellerer 他 [2, p. 42] にもあるやうに、 $nP$  を最適値の上界とした上での議論をよく見かける。

云ふまでもなく部分和问题 (SSP), UKP 及び BKP に就いても 0-1KP と同様にして 2 近似解を構成できる (SSP では項の整列は不要 [8])。加へて、多選択ナップサック問題 (MCK) に於いても、2 近似解を構成可能である。ここで、線形緩和した MCK の最適

値の求め方を思ひ起こして欲しい。前処理として、排他的な各クラス  $N_i$  の中では項が重量の昇順になつており、非支配項はない (各クラスで縦軸が価値で横軸が重量のグラフに項をプロットすると、上に凸のグラフになつてゐる) ものとする。まず、各クラスから最も軽い項 1 をそれぞれ選択し、小さくない順に並んだスロープ  $s_{ij} := (p_{i,j+1} - p_{ij}) / (w_{i,j+1} - w_{ij})$  の先頭から次々と、それが属すクラス内で項を取り替へていく。スロープ  $s_{kl}$  に就いて項を取り替へた時に  $c$  を超へたとすると、 $c$  を超へる直前の解 1 と各クラスから項 1 を選択してクラス  $N_k$  からのみ項  $(l+1)$  を選択した解 2 の価値の和は最適値を超へるとから、解 1 と解 2 のいずれか一方は最適値の半分を超へてゐることになる (もし解 2 が infeasible なら、クラス  $N_k$  の項  $(l+1)$  は最初から除外されて然るべきである)。

同じやうに、MCK で  $p_{ij} = w_{ij}$  とした MCSSP に就いても 2 近似解を構成できやう。SSP には項の整列が不要であつたやうに、MCSSP に就いてもスロープは皆 45 度で一定に就き整列は不要である。

0-1KP に対して最低限の総重量を強める、つまり  $(0 \leq) d \leq \sum_j w_j x_j \leq c$  を要請するのが KPMFC である。拙稿 [7] の繰返しになつてしまふけれど、通常の 2 近似算法が返すのは大抵  $\{1, 2, \dots, k-1\}$  であらうし、それは他方の  $\{k\}$  より重くもあるだらう故、とくに  $2d \leq c$  のとき、 $\beta \leq \text{OPT} \leq n\beta$  を満足する  $\beta$  として  $\sum_{j=1}^{k-1} p_j$  が使へるのではないか—— $\beta$  を求めるために Xu [5] が提案する Algorithm 2 を実行する前に試す価値アリでは——と拝察する。

拙稿 [8] では、物を詰めるほど背囊(ナップサック)が縮む潰れナップサック問題 (CKP) への 2 近似算法を考察した。此処に通常の 2 近似算法が動作する

\* E-mail address: oggi@res.otaru-uc.ac.jp

例として,  $p_j/w_j$  が max の項 1 に就いて  $w_1 = c(1)$  の場合を付け加えておく. 此のとき  $\{1\}$  が最適だから, いつもの 2 近似算法が停止した際に  $p_1 + p_2 > \text{OPT}$  が従ふ. なほ省略したが  $w_j > 0$  且つ  $c(\cdot)$  の単調性から  $k := \min\{\ell \mid \sum_{j=1}^{\ell} w_j > c(\ell)\}$  は well-defined である — つまり  $\sum_{j=1}^{k+1} w_j > \sum_{j=1}^k w_j > c(k) \geq c(k+1)$  で, 一度  $c(\cdot)$  を超へたらその先ずつと超へる.

CKP に就いてはいつもの 2 近似算法の適用は失敗した [8] けど, CKP で  $\forall j, p_j = w_j$  とした潰れ部分和问题 (CSSP) ではどうだろうか. 項の整列をしないと,

$j$	1	2	3
$w_j$	4	4	9
$c(j)$	9	7	

と云つた反例が即座に思ひ附く. では, 項を重量の非昇順に整列させてはどうか. もし  $\sum_{j=1}^k w_j (> c(k))$  が最適値に満たなければ, 最適値の項数は  $k+1$  以上である. しかし, その重量は  $c(k+1)$  以下に制限されるから,  $\sum_{j=1}^k w_j > c(k) \geq c(k+1)$  で,  $\sum_{j=1}^k w_j$  は  $k+1$  ヶ以上の如何なる組合せより重く, 矛盾する. 此れに鑑みれば, CSSP に限つては, 項を重量の非昇順に整列させればいつもの 2 近似算法が使へさうである.

Penalized ナップサック問題 (以下, PKP) は, 各項  $j$  が第三の属性ペナルティ  $q_j (\geq 0)$  を持ち, 選択された項の中で最大のペナルティ  $\max_j q_j x_j$  が目的函数値から差し引かれると云ふ 0-1KP の拡張である [1]. PKP に就いては, 残念ながらいつもの 2 近似算法は適用できない. たとへば以下が, その反例である.  $k=3$  で  $\{1,2\}$  の価値  $p_1 + p_2 - \max\{q_1, q_2\} = 1$ , 解  $\{3\}$  の価値も  $p_3 - q_3 = 1$  でも  $p_4 - q_4 = 3$  が最適.

$j$	1	2	3	4
$p_j$	3	4	5	6
$w_j$	2	3	4	5
$q_j$	6	1	4	3
$c$			5	

さて, ナップサック共有問題 (KSP [2, pp. 342–7]) に就いても考えてみよう. KSP では, MCK の如く

項が排他的なクラス  $\cup_{1 \leq k \leq r} N_k = \{1, 2, \dots, n\}$  に分けられており, 選択した項の価値の和を各クラスごとに求めた中での最小値が目的函数値になる — つまり,  $\min_{1 \leq k \leq r} \sum_{j \in N_k} p_j x_j$  を最大化する. この KSP へのいつもの 2 近似算法と云ふか貪欲法は, どうなるであらうか? ふつうに考えれば, 各クラスで項を効率の非昇順に並べた列を用意し,  $c$  を超へない範囲で, これまでに選択した項の価値の和が最小のクラスから列の先頭を選択し続ける, と云つた形になろう. しかし, 次の例を考えてみる:

$j$	$N_1$			$N_2$			$N_3$	
	1	2	3	4	5	6	7	8
$p_j$	6	3	1	6	3	1	7	3
$w_j$	3	2	1	3	2	1	4	2
$c$				6				

ここで,  $> c$  になるのは  $\{1, 4, 7\}$  である.  $\{1, 4\}$  の価値は 0. 他方  $\{7\}$  の価値も 0 だが, 項がひとつなので, 他のクラスから  $c$  を超へない範囲で項を足せる. しかし  $\{3, 6, 7\}$  の価値は 1 で,  $\{2, 5, 8\}$  が与える最適値 3 の半分未満である. このやうに KSP に就いては, いつもの上さらに何かが必要であらう.

その他, 0-1KP に連続変数をひとつ導入して背囊の容量を調節可とした拡張問題 KPC への 2 近似算法が, Zhao と Li [6] によつて, ふたつ提案されてゐる. 0-1KP で仮定される  $w_j \leq c$  の無い処が, KPC の特徴と云へやう. 但し,  $c$  を超過した分にかんしては penalty を支払ふので, 目的函数値が減少する. Zhao と Li [6] が提案したふたつに就いて, 始めのは  $w_j \leq c$  を仮定してゐるが, 後のはさうでない.

も一つ, Levi 他 [4] は, 連続ナップサック問題への 2 近似算法を提案してゐる. その 2 近似算法は, 算法 1 が求める,  $\{1, 2, \dots, k-1\}$  に相当する  $x^{\text{rate}}$  と, 算法 2 が求める  $x^{\text{max}}$  の良い方である. ここで, Levi 他 [4] は, ここまでの議論で用ゐてきた 2 近似算法の  $\{k\}$  の方を, 最も価値の大きい項ひとつ, とするのが 0-1KP への well-known な 2 近似算法だと書いてゐる. たしかに,  $c$  を超へたときの項の価値よりも, 価値最大の項のそれの方が小さくないから  $\sum_{j=1}^{k-1} p_j + \max_j p_j > \text{OPT}$  である. とすれば, さらに議論を進めて, もう一方を最も価値ある項ひと

つではなくて, 単に価値の大きい方から  $c$  を超へない範囲で詰めたもの, としても良からう. ちつは, まさに先の  $x^{\max}$  が, それに相当する. 以上, 提案する 2 近似算法が 0-1KP への well-known なその一般化であると云ふ Levi 他 [4] の主張は, さう云ふことなのだらう.

#### 参考文献

- [1] Alberto Ceselli and Giovanni Righini, An optimization algorithm for a penalized knapsack problem. *Oper Res Lett* **34**(4) 394–404 (2006) <http://dx.doi.org/10.1016/j.orl.2005.06.001>.
- [2] Hans Kellerer, Ulrich Pferschy and David Pisinger, *Knapsack Problems*. Springer 2004.
- [3] Bernhard Korte and Jens Vygen, *Combinatorial Optimization—Theory and Algorithms (Algorithms and Combinatorics, Volume 21)* 5th Ed., Springer 2012, [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-24488-9\\_17](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-24488-9_17).
- [4] Retsef Levi, Georgia Perakis and Gonzalo Romero, A continuous knapsack problem with separable convex utilities: Approximation algorithms and applications. *Oper Res Lett* **42**(5) 367–73 (2014) <http://dx.doi.org/10.1016/j.orl.2014.06.007>.
- [5] Zhou Xu, The knapsack problem with a minimum filling constraint. *Naval Res Logist* **60**(1) 56–63 (2013) <http://dx.doi.org/10.1002/nav.21520>.
- [6] Chenxia Zhao and Xian Yue Li, Approximation algorithms on 0-1 linear knapsack problem with a single continuous variable. *J Comb Optim*, Feb 2013, <http://dx.doi.org/10.1007/s10878-012-9579-3>.
- [7] 飯田, 最低限の総重量を満たすやう拡張された 0-1 ナップサックにかんするメモ. pp. 1-2, 2014 年 2 月;

[http://researchmap.jp/?action=cv\\_download\\_main&upload\\_id=60035](http://researchmap.jp/?action=cv_download_main&upload_id=60035).

- [8] 飯田, 潰れナップサック問題への 2 近似算法を失敗した件. pp. 1-2, 2014 年 4 月; [http://researchmap.jp/?action=cv\\_download\\_main&upload\\_id=62529](http://researchmap.jp/?action=cv_download_main&upload_id=62529).



This **Discussion Paper Series** is published by the **Center for Business Creation**(changed from the Institute of Economic Research on April 1999) and integrates two old ones published separately by the Department of Economics and the Department of Commerce.

**Discussion Paper Series  
Institute of Economic Research  
Otaru University of Commerce**

No.	Title	Author/s	Date
1.	ホーケンス=サイモンの条件に関する諸説の統合について	タスク・フタ, デイ・ハンカー	Jul. 1992
2.	Motivation and Causal Inferences in the Budgetary Control	Yoshihiro Naka	Aug. 1992
3.	Проблемы управления рабоче- сий на предприятиях Дальнего Востока (социологические аспекты)	Анатолий Михайлович Шкурки	Nov. 1992
4.	Dynamic Tax Incidence in a Finite Horizon Model	Jun-ichi Itaya	Jan. 1993
5.	Business Cycles with Asset Price Bubbles and the Role of Monetary Policy	Hiroshi Shibuya	Jun. 1993
6.	Continuous Double-Sided Auctions in Foreign Exchange Markets	Ryosuke Wada	Aug. 1993
7.	The Existence of Ramsey Equilibrium with Consumption Externality	Sadao Kanaya & Tomoichi Shinotsuka	Sep. 1993
8.	Money, Neutrality of Consumption Taxes, and Growth in Intertemporal Optimizing Models	Jun-ichi Itaya	Nov. 1993
9.	Product Returns in the Japanese Distribution System: A Case Study of a Japanese Wholesaler's Return Reduction Efforts	Jeffery Alan Brunson	Mar. 1994
10.	Dynamics, Consistent Conjectures and Heterogeneous Agents in the Private Provision of Public Goods	Jun-ichi Itaya & Dipankar Dasgupta	Jun. 1994
11.	Intra-industry Investment and Imperfect Markets A Geometric approach in Simple General Equilibrium	Laixun Zhao	Oct. 1994
12.	Sit-Down to Split: Flint GM Workers in 1937-1939	Satoshi Takata	Dec. 1994
13.	The Complementarity between Endogenous Protection and Direct foreign Investment	Laixun Zhao	Feb. 1995
14.	Consumption Taxation and Tax Prepayment approach in Dynamic General equilibrium Models with Consumer Durables	Jun-ichi Itaya	Mar. 1995
15.	Regulatory System and Supervision of the Financial Institutions in Japan	Osamu Ito	May 1995
16.	Financial Restructuring and the U. S. Regulatory Framework	Jane W. D'Arista	May 1995
17.	The Legacy of the Bubble Economy in Japan: Declining cross Shareholding and Capital Formation	Hiroo Hojo	May 1995
18.	Stockownership in the U. S.: Capital Formation and Regulation	Marshall E. Blume	May 1995
19.	International Joint Ventures and Endogenous Protection a Political-Economy Approach	Laixun Zhao	Nov. 1995
20.	GM社をめぐるアメリカ労働史研究: ファインとエッジフォースの現場像の吟味	高田聡	Feb. 1996
21.	卸売業の経営と戦略 - 卸売流通研究会ヒアリング調査録(1): 日用 雑貨卸売企業	卸売流通研究会 (代表 高宮城朝則)	Apr. 1996
22.	卸売業の経営と戦略 - 卸売流通研究会ヒアリング調査録(2): 食品・ 酒類卸売企業	卸売流通研究会 (代表 高宮城朝則)	Apr. 1996
23.	A Note on the Impacts of Price Shocks on Wage in Unionized Economies	Laixun Zhao	May 1996
24.	Transfer Pricing and the Nature of the subsidiary firm	Laixun Zhao	Jun. 1996
25.	The Incidence of a Tax on Pure in an Altruistic Overlapping Generations Economy	Jun-ichi Itaya	Sep. 1996
26.	'Small Government' in the 21st Century	Hiroshi Shibuya	Sep. 1996
27.	Characteristics and Reforms of Public Health Insurance System in Japan	Takashi Nakahama	Sep. 1996
28.	The Role of Local Governments in Urban Development Policy	Yoshinori Akiyama	Sep. 1996
29.	Optimal Taxation and the Private Provision of Public Goods	Jun-ichi Itaya & David de Meza & Gareth D. Myles	Oct. 1996
30.	Comparison of Agricultural Policy in the U. S. and the Japan	Toshikazu Tateiwa	Oct. 1996
31.	US Health Insurance: Types, Patterns of Coverage and Constraints to Reform	Dwayne A. Banks	Oct. 1996
32.	International Capital Flows and National Macroeconomic Policies	Jane W. D'Arista	Oct. 1996
33.	Financial Liberalization and Securitization in Housing Finance and the Changing Roles of the Government	Syn-ya Imura	Oct. 1996
34.	Social Efficiency and the 'Market Revolution' in US Housing Finance	Gary Dymski & Dorene Isenberg	Oct. 1996
35.	Government Expenditure and the Balance of Payments: Budget Deficit, Financial Integration, and Economic Diplomacy	Hiroshi Shibuya	Nov. 1996
36.	A History of PBGC and Its Roles	C. David Gustafson	Nov. 1996
37.	Dynamic Provision of Public Goods as Environmental Externalities	Toshihiro Ihori & Jun-ichi Itaya	Mar. 1997

38. A Comparative Static Analysis of the Balanced Budget Incidence in the Presence of Sector-Specific Unemployment	Koh Sumino	Mar.1997
39. An Econometric Study of Trade Creation and Trade Diversion in the EEC, LAFTA and CMEA:A Simple Application of the Gravity Model	Masahiro Endoh	Apr.1997
40. A Dynamic Model of Fiscal Reconstruction	Toshihiro Ithori & Jun-ichi Itaya	Apr.1997
41. The Japanese Way of Solving Financial Institution Failures	Osamu Ito	Jul.1997
42. The Federal Role in Community Development in the U.S.: Evolution vs. Devolution	Jane Knodell	Oct.1997
43. Rent-Seeking Behavior in the War of Attrition	Jun-ichi Itaya & Hiroyuki Sano	Oct.1997
44. サハリン石油・ガス開発プロジェクトと北海道経済の活性化 第1号	北東アジア-サハリン研究会	May 1998
45. 購買部門の戦略性と企業間連携について	伊藤 一	Jun.1998
46. The Formation of Customs Unions and the Effect on Government Policy Objectives	Masahiro Endoh	Jul.1998
47. The Transition of Postwar Asia-Pacific Trade Relations	Masahiro Endoh	Jul.1998
48. 地域型ベンチャー支援システムの研究 I-道内製造業系ベンチャー企業のケーススタディー	地域経済社会システム研究会 日本開発銀行札幌支店	Jul.1998
49. Fiscal Reconstruction Policy and Free Riding Behavior of Interest Groups	Toshihiro Ithori & Jun-ichi Itaya	Aug.1998
50. Quellen zum Markwesen des Osnabrücker Landes im Niedersächsischen Staatsarchiv Osnabrück(mit Schwerpunkt:Verfassung,Höfing,Siedlung und Konflikten im 17.und 18.Jahrhundert)	Susumu Hirai	Sep.1998
51. Equity and Continuity with a Continuum of Generations	Tomoichi Shinotsuka	Dec.1998
52. Public Resources Allocation and Election System	Akihiko Kawaura	Mar.1999
<b>Discussion Paper Series Center for Business Creation Otaru University of Commerce</b>		
53. 消費者の価格プロモーション反応への影響を考慮した広告効果測定結果モデルの構築	奥瀬喜之	Jun.1999
54. 地域型ベンチャー支援システムの研究 II-地域型ベンチャー・インキュベーションの設計-	小樽商科大学ビジネス創造センター & 日本開発銀行札幌支店	Jul.1999
55. サハリン石油・ガス開発プロジェクトと北海道経済の活性化 第2号	北東アジア-サハリン研究会	May 1999
56. 石鹼洗剤メーカーにおけるマーケティング・チャネル行動の変遷	高宮城朝則	Dec.1999
57. 長期的取引関係における資源蓄積と展開	近藤公彦&坂川裕司	Dec.1999
58. Exernalities:A Pigovian Tax vs. A Labor Tax	Ko Sumino	Dec.1999
59. A New Dimension of Service Quality:An Empirical Study in Japan.	Makoto Matsuo & Carolus Praet & Yoshiyuki Okuse	Dec.1999
60. Aftermath of the Flint Sit-Down Strike:Grass-Roots Unionism and African-American Workers, 1937-1939	Satoshi Takata	Mar.2000
61. Tariff induced dumping in the intermediate-good market	Chisato Shibayama	Apr.2000
62. Deregulation, Monitoring and Ownership structure:A Case Study of Japanese Banks	Akihiko Kawaura	Apr.2000
63. サハリン石油・ガス開発プロジェクトと北海道経済の活性化 第3号	北東アジア-サハリン研究会	Apr.2000
64. A Cooperative and Competitive Organizational Culture, Innovation, and Performance: An Empirical Study of Japanese Sales Departments	Makoto Matsuo	May 2000
65. Foreign Exchange Market Maker's Optimal Spread with Heterogeneous Expectations	Ryosuke Wada	Jun.2000
66. ダンピングとダンピング防止法の起源 歴史的文脈における「不公正貿易」概念の成立	柴山千里	Oct.2000
67. The Organizational Learning Process: A Review	Makoto Matsuo	Dec.2000
68. The Weak Core of Simple Games with Ordinal Preferences: Implementation in Nash Equilibrium	Tomoichi Shinotsuka & Koji Takamiya	Jan.2001
69. 業態開発におけるイノベーションと競争-ビブレのケース-	近藤公彦	Jan.2001
70. Budget Distribution Problem	Tomoichi Shinotsuka	Feb.2001
71. 小売バイヤー組織の機能と顧客対応	伊藤 一	May 2001
72. The Effect of Intra-Organizational Competition on Knowledge Creation:Case Study of a Japanese Financial Company	Makoto Matsuo	May 2001
73. サハリン石油・ガス開発プロジェクトと北海道経済の活性化 第4号	北東アジア-サハリン研究会	Mar.2001
74. The Weak Core of Simple Games with Ordinal Preferences: Implementation in Nash Equilibrium	Tomoichi Shinotsuka & Koji Takamiya	Oct.2001
75. 環境保全型河川計画と景観構築に係る計画技術の研究	地域環境問題研究会 (代表 八木宏樹)	Oct.2001
76. Additivity, Bounds, and Continuity in Budget Distribution Problem	Tomoichi Shinotsuka	Dec.2001

77. Monetary Policy in Bhutan: Implications of Indian Rupee Circulation	Akihiko Kawaura	Dec.2001
78. Optimal Multiobject Auctions with Correlated Types	Tomoichi Shinotsuka & Simon Wilkie	Feb.2002
79. サハリン石油・ガス開発プロジェクトと北海道経済の活性化 第5号	北東アジア・サハリン研究会	Mar.2002
80. The Case Study of Retail Buying Organization in Japanese Context	Hajime Itoh	Mar.2002
81. 宿泊業のサービスのサービス構成要素に関する重要度調査法に関しての一考察 北海道への台湾人観光客の事例を中心に	稲葉由之&沈潔如&伊藤 一	Feb.2003
82. ブティック経営における販売要素の分析 -AHPによる経営者・販売員間における重要度認識比較に関する一考察-	伊藤 一&橋詰敦樹	Mar.2003
83. 温泉地に対するイメージギャップに関する調査	伊藤 一	Mar.2003
84. Literature Review on Retail Buyer from Research on Industrial Purchasing	Hajime Itoh	
85. The Comparison Study on Retail Buyer Behaviour between UK, Australia and Japan	Hajime Itoh	
86. 社会科学研究の基礎 - 大学院生のための研究法 -	ダン・レメニイ他著 抄訳 稲葉由之&奥瀬善之 &近藤公彦&玉井健一 &高宮城朝則&松尾 睦	Mar.2002
87. マーケティング行為からみた小売業による需要創造 - 明治期呉服店の経営行為を考察対象として -	坂川裕司	May 2002
88. Interdependent Utility Functions in an Intergenerational Context	Tomoichi Shinotsuka	May 2002
89. Internal and External Views of the Corporate Reputation in the Japanese Hotel Industry	Hajime Itoh	Feb.2003
90. サハリン石油・ガス開発プロジェクトと北海道経済の活性化 第6号	北東アジア・サハリン研究会	Mar.2003
91. 小売購買行動研究に関する展望 - 「買い手視点」での小売購買行動研究に向けて -	坂川裕司	May 2003
92. 商品購買における「情報システムの逆機能」 - リスク回避的バイヤーにみる合理性とその弊害 -	坂川裕司	Sep.2003
93. An Experiment of Round-Robin Tournament by Excel's Macro - Using 160 Students' Data from Cournot Duopoly Game -	Masaru Uzawa	Apr.2004
94. Earnings Management through Deferred Tax Assets - In Case of Banking Company -	Hiroshi Onuma	Jun.2004
97. Competition between Matching Markets	Koji Yokota	May 2005
98. On the role of asymmetric information in the aggregate matching function	Koji Yokota	Apr.2006
99. A note on Optimal Taxation in the Presence of Externalities	Tomoichi Shinotsuka & Ko Sumino	Feb.2005
100. A Note on Jones' Model of Growth	Mutsuhiro Kato	Mar.2005
101. 整数ナップサック問題が多項式時間で解ける特殊な場合を定める条件について	飯田浩志	Jul.2005
102. IT技術者の熟達化と経験学習	松尾 睦	Sep.2005
103. Product De-listing by Retail Buyers: Relational Antecedents and Consequences	Gary Davies & Hajime Itoh	Dec.2005
104. 米国地域経営史における多文化主義的発展 - 1930年代ミシガン州プリントにおけるアフリカ系コミュニティの起業基盤を中心に -	高田 聡	May 2006
105. 環境便益を反映させた環境指標の開発 Developing an environmental indicator including environmental benefits	山本 充	Apr.2006
106. A Critical Investigation of Long-run Properties of Endogenous Growth Models	Mutsuhiro Kato	May 2006
107. What is National Income in Jones' Model of Growth? : An Expository Annotation	Mutsuhiro Kato	Jun.2006
108. A Further Analysis of the Consumer Behavior in Jones' R&D-Based Model of Economic Growth	Mutsuhiro Kato	Aug.2006
109. 看護師の経験学習プロセス	松尾 睦 & 正岡経子 & 吉田真奈美 & 丸山知子 & 荒木奈緒	Feb.2007
110. Comments on knapsack problems with a penalty	Iida Hiroshi	Mar.2007
111. 看護師の経験学習に関する記述的分析	松尾 睦 & 正岡経子 & 吉田真奈美 & 丸山知子 & 荒木奈緒	Jul.2007
112. 頂点被覆へのリスト減少法の解析に関する一考察	飯田浩志	Dec.2007
113. 小中学校における校長の経営観 - 探索的分析 -	松尾 睦	Dec.2007
114. インタビュー調査: 戦後復興期大阪における自転車部品製造業者・問屋の経営活動	田中幹大	Apr.2008
115. Partitionのある風景	飯田浩志	Jun.2008
116. Multiproduct Firms and Dumping	Chisato Shibayama & Yasunori Ishii	Jul.2008
117. モスクワの低層住宅団地開発 - 2つのケース -	小田福男	Mar.2009
118. 整数ナップサックの周期性について	飯田浩志	Mar.2009

119.	Discussion paper series no.118への補遺	飯田浩志	Jul.2009
120.	環境フィードバック効果を考慮したSandmoモデルによる二重配当仮説の再考察	角野 浩	Jul.2009
121.	部分線形モデルの差分推定量の漸近理論	劉 慶豊	Oct.2009
122.	モデル平均理論の新展開	劉 慶豊	Oct.2009
123.	Production Theory with Convex Labor Friction: Foundation of an Optimal Non-market-clearing Economy	Koji Yokota	Dec.2009
124.	19世紀ドイツの農村ゲマインデ制と政治参加資格 ---北西ドイツ・ハノーファーを中心に----	平井 進	Feb.2010
125.	環境経営と企業業績に関する実証研究（再検討：2003-2008）	加賀田和弘	Apr.2010
126.	「北海道ブランド」の仕入れに関する研究 —台湾小売バイヤーの視点から—	沈 潔如	Apr.2010
127.	Generalized Cp Model Averaging for Heteroskedastic models	Qingfeng Liu	Oct.2010
128.	How to solve the collapsing subset-sum problem revisited	Hiroshi Iida	Jan.2011
129.	顧客関係のマネジメントの系譜	近藤公彦	Feb.2011
130.	An Application of Forecast Combination Methods to Default Risk Prediction	Qingfeng Liu	Feb.2011
131.	An effect of consumer's earlier decision to purchase a discount ticket	Ryosuke Ishii & Kuninori Nakagawa	Feb.2011
132.	On the Behavior of money flows on the real side and the financial side in Hokkaido prefecture	Toshiaki Kanzaki	Mar.2011
133.	星野リゾート—顧客志向の組織マネジメント—	乙政佐吉 & 近藤隆史	Mar.2011
134.	（ケース）札幌ビズカフェー地域企業家ネットワークにおける中間主導型組織の役割—	加藤敬太	Mar.2011
135.	二重配当効果の最適課税ルールにしたがった再評価	角野 浩	Mar.2011
136.	18・19世紀前半北海沿岸農村社会の地域役職者：Landschaft Eiderstedt	平井 進	Mar.2011
137.	Tax Collecting Efforts and Local Allocation Tax Grants in Japan: The Effect of Administrative Reform Incentive Assessment on Local Tax Collection Rates	Mitsunari Ishida	Mar.2011
138.	The bargaining family with strategic interaction	Atsue Mizushima & Koichi Futagami	Mar.2011
139.	Generalized Cp Model Averaging for Heteroskedastic Models (Revised Version)	Qingfeng Liu	Apr.2011
140.	Exclusion of agents, virtual surplus and a transversality condition in adverse selection	Naoki Kojima	May 2011
141.	Implementability by a canonical indirect mechanism of an optimal two-dimensional direct mechanism	Naoki Kojima	Jun.2011
142.	18・19世紀前半北西ドイツ北海沿岸地方の領邦官吏と自治組織役職者：Landschaft S?derdithmarschen	平井 進	Jun.2011
143.	CRMにおける顧客関係のマネジメント	近藤公彦	Aug.2011
144.	企業家ネットワークによる地域企業のビジネスシステム・イノベーション—サマライ日本プロジェクトの事例分析—	加藤敬太	Oct.2011
145.	Observable Actions	Ryosuke Ishii	Nov.2012
146.	Dumping in Transition Economies and the Effects of Anti-Dumping Policy	Chisato Shibayama & Yasunori Ishii	Mar.2012
147.	Time Discount and Convex Hiring Cost	Koji Yokota	May 2012
148.	Two-dimensional Mechanism Design and Implementability by an Indirect Mechanism	Naoki Kojima	Jun.2012
149.	北海道経済と開発のプロセス	神崎稔章	Dec.2012
150.	道内における地域経済の現状について	渡久地朝央 & Baljinnyam Maitsetseg	Dec.2012
151.	モンゴルにおける資本主義転換後の地域間経済格差に関するパネルデータ分析	渡久地朝央 & Baljinnyam Maitsetseg	Dec.2012
152.	モンゴルにおける食肉価格の動向に関するパネルデータ分析	Baljinnyam Maitsetseg & 渡久地朝央	Dec.2012
153.	付加価値率の動向と地方自治体による政策効果の関係について—北海道における製造産業を対象としたパネルデータ分析—	渡久地朝央	Dec.2012
154.	CRMにおける組織能力	近藤公彦	Feb.2013
155.	19世紀北西ドイツの農村ゲマインデ制の変革---自治参加資格と家屋・土地保有要件---	平井 進	Feb.2013
156.	北海道における産業クラスターに関する文献資料目録	加藤敬太	Mar.2013
157.	トヨタ自動車北海道のマネジメント	乙政佐吉	Mar.2013
158.	Mechanism design to the budget constrained buyer: a canonical mechanism approach	Naoki Kojima	May 2013
159.	First Price Package Auction with Many Traders	Yasuhiro Shirata	Jun.2013
160.	整数ナップサックの周期性についてあれこれ	飯田浩志	Jul.2013

161. Non-cooperative versus Cooperative Family	Atsue Mizushima & Koichi Futagami	Oct.2013
162. Perverse effects of a ban on child labour in an overlapping generations model	Kouki Sugawara & Atsue Mizushima & Koichi Futagami	Oct.2013
163. Human Infrastructure, Child Labor, and Growth	Atsue Mizushima	Oct.2013
164. 18・19世紀前半北海沿岸農村社会の指導的地域役職者・領邦地方官吏と土地所有：Landschaft Norderdithmarschen	平井 進	Mar.2014
165. ビジネスシステムの形成から見る6次産業化—パイオニアジャパングループの事例分析—	笹本香菜 & 加藤敬太	Mar.2014
166. ナップサック問題への2近似算法について雑感	飯田浩志	Jul.2014

Discussion Paper Series Department of Economics, Otaru University of Commerce No.1-16 Feb.1985-Oct.1991

Discussion Paper Series Department of Commerce, Otaru University of Commerce No.1-2 Apr.1985-May 1989

Center for Business Creation, National University Corporation Otaru University of Commerce  
3-5-21, Midori, Otaru, Hokkaido 047-8501, Japan Tel +81-134-27-5290 Fax +81-134-27-5293  
E-mail:cbcjimu@office.otaru-uc.ac.jp

国立大学法人小樽商科大学ビジネス創造センター  
〒047-8501 北海道小樽市緑3丁目5番21号 Tel 0134-27-5290 Fax 0134-27-5293  
E-mail:cbcjimu@office.otaru-uc.ac.jp