

店舗内における客の移動距離を 考慮した商品配置の提案 ～ K電気k支店を例として～

工学部第二部 経営工学科4年

沼田研究室

5304012 近江明成

目次

- 1 . はじめに
- 2 . K電気k支店について
- 3 . 本研究の目的
- 4 . 問題設定
- 5 . 解法
- 6 . 数値実験
- 7 . 実験結果・考察
- 8 . まとめ

本研究の背景

大型家電量販店の進出が著しい

→ 競争の激化

→ 顧客獲得の工夫が重要

商品配置を工夫することで利便性高める

K電気k支店の商品配置を対象する

k支店の商品配置は変わっていないので
現在の商品配置が望ましいのか検討する

2. K電気k支店について

K電気k支店の現状のフロア構成

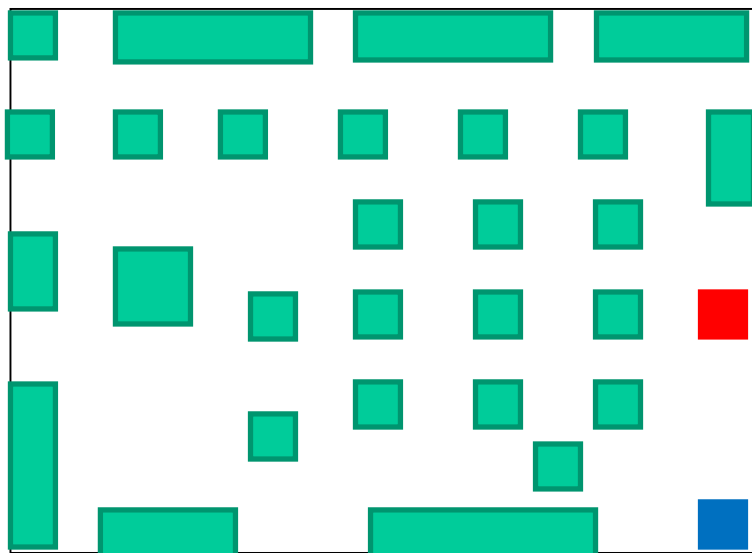


図1 現在の商品配置(2F)

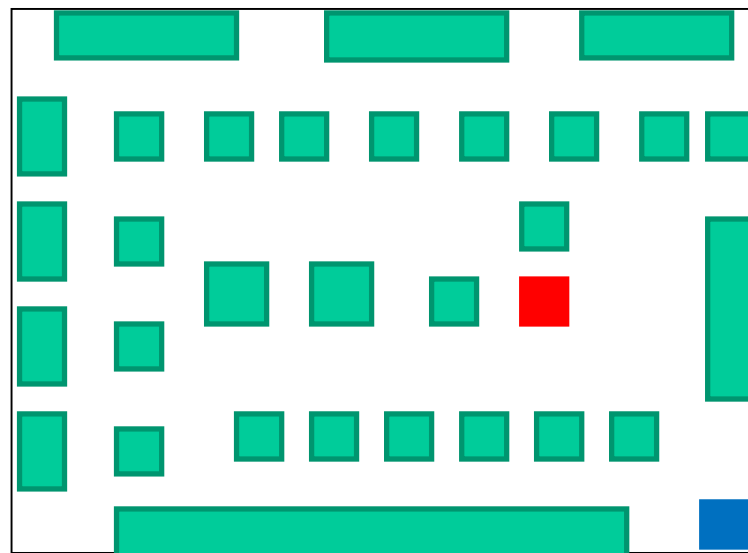


図2 現在の商品配置(3F)

商品の大きさは
それぞれ違う

問題点

商品の種類は
約25～30種類

■ 商品
■ レジ
■ 出入口

商品の種類が多いため、購買に時間がかかる

本研究の目的

- 購入レシートの控えから単品/同時購入頻度を求めて二次割当問題でモデル化する
- 客の購買行動パターンを考慮した商品配置を提案し、移動時間の改善を目指す

4. 問題設定

前提条件

- 商品カテゴリ数は各フロア24個とする
- 各フロア10×10のマス目に分割し, 各マス目に商品1カテゴリ配置するものとする
- 出入口, レジは固定
- 配置場所は緑の24個の場所に限定
- 出入口とレジと配置場所を除く74個のマス目は通路とする
- フロアごとの受け持ちカテゴリは固定
- 商品と配置場所の大きさは考えずに配置できるものとする
- 購入パターンの頻度は2007年1月～10月までの6000人分のデータから推定

4. 問題設定

2Fの商品カテゴリと配置場所

表1 2F商品カテゴリ分類一覧

H1:掃除機
H2:アイロン
H3:配線パーツ
H4:セキュリティ品
H5:電池・電卓
H6:照明
H7:管球
H8:健康品
H9:ドライヤー
H10:理美容品
H11:ガス台
H12:ホットプレート

H13:炊飯器
H14:洗濯機
H15:マッサージ機
H16:換気扇・生ごみ処理機
H17:コーヒーメーカー・ミキサー
H18:ポット
H19:食器洗浄器・乾燥機
H20:オーブントースター
H21:オーブンレンジ
H22:冷蔵庫
H23:エアコン
H24:季節品

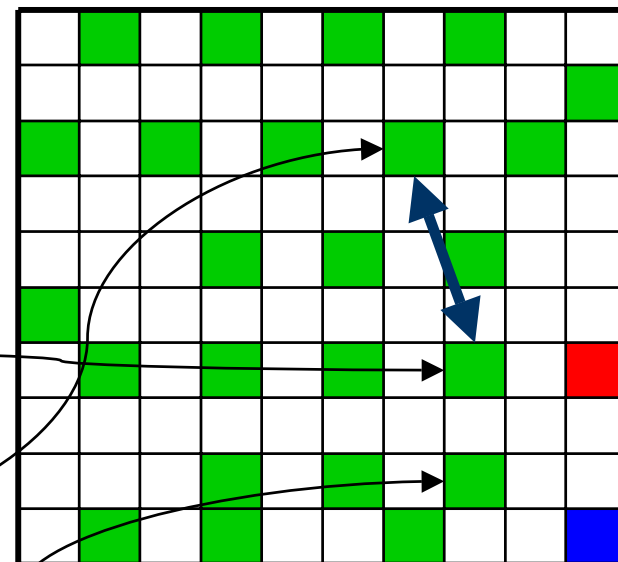


図3 商品配置の設定(2F)

■ レジ ■ 配置場所
■ 出入口 □ 通路

4. 問題設定

3Fの商品カテゴリと配置場所

表2 3F商品カテゴリ分類一覧

H1:PCケーブル
H2:PCキーボードカバー
H3:PCマウス
H4:PCソフト
H5:FAX・電話機
H6:シュレッター・電子辞書
H7:PC周辺機
H8:プリンター
H9:用紙・インク
H10:カメラケース・パーツ
H11:パソコンラック・カラオケ機
H12:コンポ・ラジカセ

H13:記録メディア・メモリ
H14:パソコン
H15:デジタルカメラ
H16:携帯電話
H17:ピアノ・ヘッドホン
H18:ポータブルオーディオ
H19:ホームシアター
H20:アンテナ・ケーブル
H21:小型液晶TV
H22:CD-R・DVD-R
H23:DVDレコーダー
H24:大型液晶TV

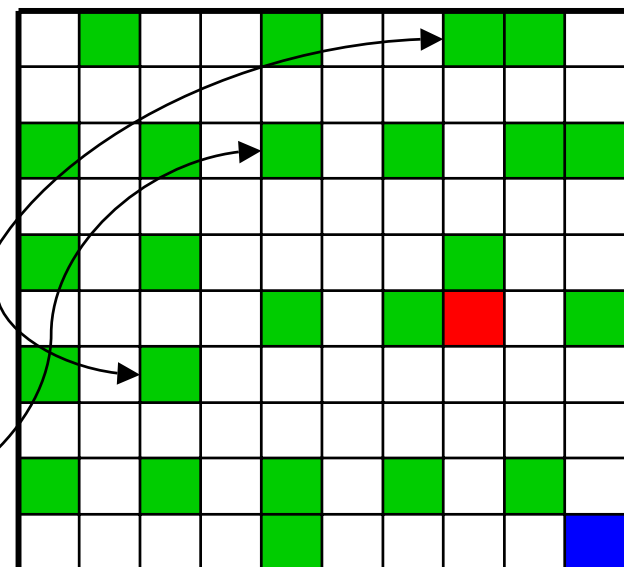
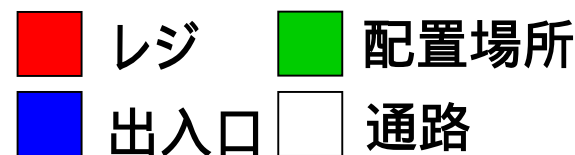


図4 商品配置の設定(3F)



4. 問題設定

記号の定義

- 2つの商品カテゴリ H_k と H_l の商品を連続して購入する頻度を f_{kl}
- ただし H_0 は出入口、 H_{n+1} はレジを表す
- 配置場所 P_i と P_j の間の距離を d_{ij}
- H_0 (出入口)を P_0 、 H_{n+1} (レジ)を P_{n+1} に固定

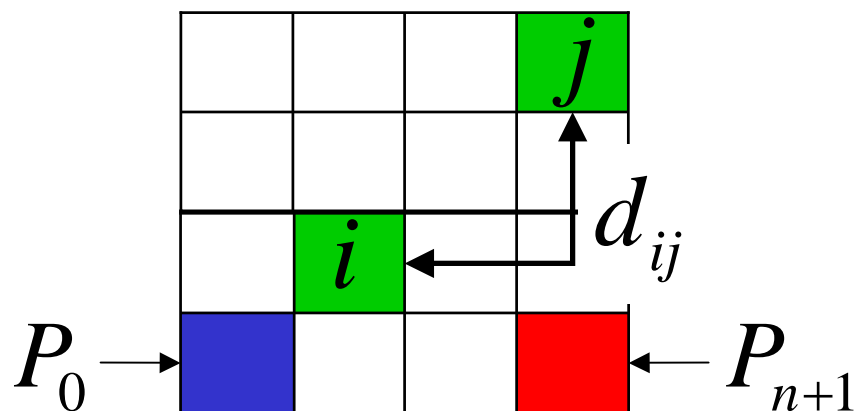
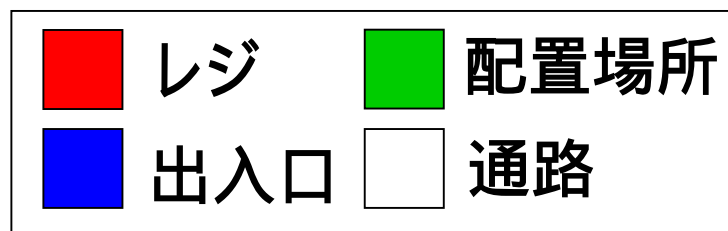


図5 記号の定義

4. 問題設定

定式化

$$\min \sum_{k=1}^n \sum_{i=1}^n (d_{0i} + d_{in+1})(f_{0k} + f_{kn+1}) \cdot x_{ik} + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n \sum_{l=1}^n d_{ij} \cdot f_{kl} \cdot x_{ik} \cdot x_{jl} \quad (4.1)$$

[移動頻度を考慮した重みつき移動距離の総和]

$$\text{s.t. } \sum_{i=1}^n x_{ik} = 1 \quad (k=1 \cdots n) \quad (4.2)$$

[カテゴリkは必ずどこか1つの場所に置かれる]

$$\sum_{k=1}^n x_{ik} = 1 \quad (i=1 \cdots n) \quad (4.3)$$

[どの場所iにも必ず商品カテゴリが置かれる]

$$x_{ik} \in \{0, 1\} \quad (4.4)$$

[カテゴリkを場所iに置けば1, 置かなければ0]

(QAP)

4. 問題設定

データの設定 (d_{ij} と f_{kl} の設定)

各配置場所間の距離 d_{ij} はマンハッタン距離で与える

2点間の距離を

$$|x_1 - x_2| + |y_1 - y_2|$$

で定義したものである

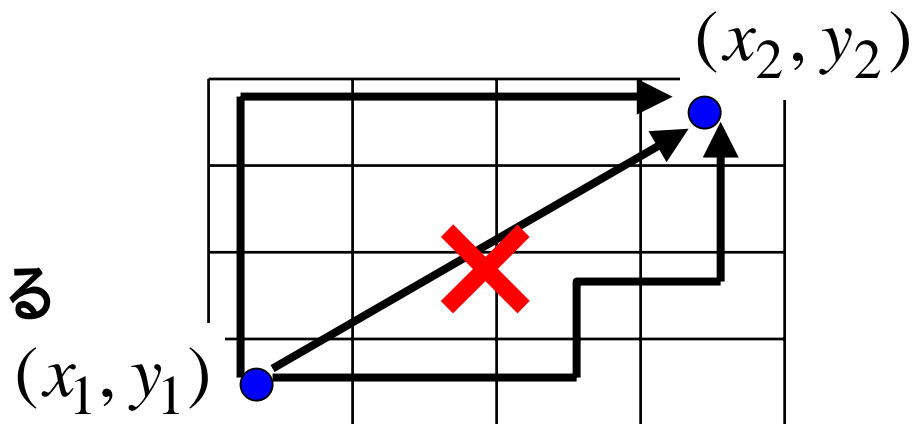


図6 マンハッタン距離

4. 問題設定

購入頻度の推定

2F・3F共に3000人分ずつ計6000人分のレシートを基に推定した

	商品名	数量	金額	
H4	CD-ROMソフト	1	7,500	
	X JS100VS*カスベルスキーインター		持ち帰り	
H13	USBフラッシュ	1	1,000	
	SDK SDCZ23001GJ65(C)		持ち帰り	

	紙バック式クリーナ	1	12,600	H1
	N MCK7A(A)			
	63P		持ち帰り	
	その他 全自洗関連	1	2,280	H5
	BS BT1(センゾトウヨウ)			
	12P		持ち帰り	
	単四アルカリ2パッ	1	190	H14
	M LR03J/2BP			
	1P		持ち帰り	

図7 実際のレシートの例

1点買いレシート約60%，2点買いレシート約34%
3点買いレシート約5%，4点買いレシート約1%

4. 問題設定

購入頻度の例

紙パック式クリーナ	1	12,600
N MCK7A(A)		
63P		持ち帰り
その他 全自洗関連	1	2,280
BS BT1(ゼンゾト"ウウ)		
12P		持ち帰り
単四アルカリ2パッ	1	190
M LR03J/2BP		
1P		持ち帰り

H1

H5

H14

購入順序は不明

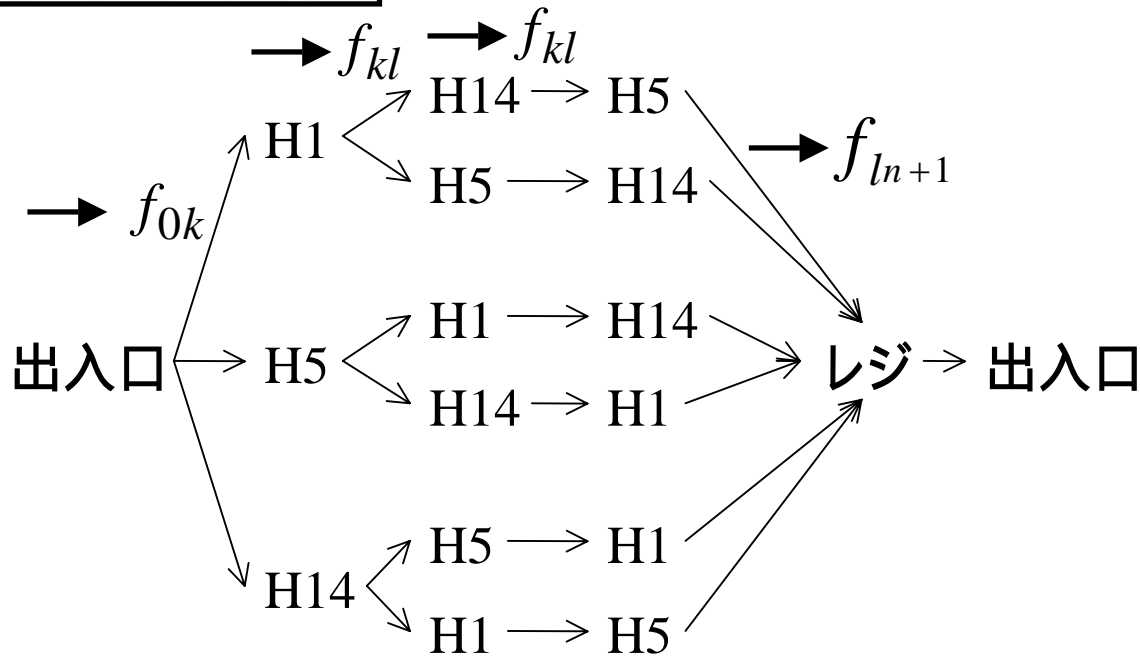


図8 頻度の与え方

4. 問題設定 頻度の設定の仕方

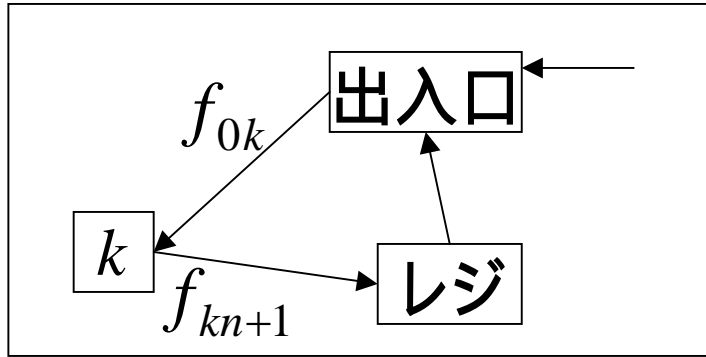


図9 単品購入頻度

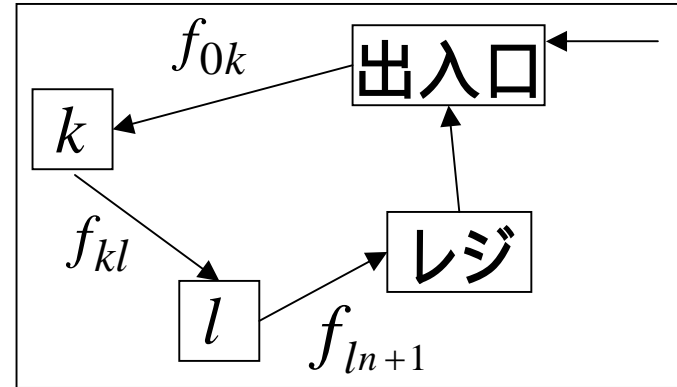


図10 同時購入頻度

$$f_{0k} = f_{kn+1} = \sum_{m=1}^4 \frac{1}{m} \cdot c^{(m)}(k) \quad f_{0n+1} = 0 \quad f_{kl} = \sum_{m=2}^4 \frac{(m-1)! \cdot 2}{m!} \cdot c^{(m)}(k,l)$$

$c^{(m)}(k)$: H_k の商品を含む m 点買いレシート枚数
($m=1,2,3,4$)

$c^{(m)}(k,l)$: H_k, H_l の商品を含む m 点買いレシート枚数
($m=2,3,4$)

k : カテゴリ H_k
 l : カテゴリ H_l

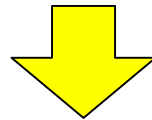
4 . 問題設定

f_{kl} の値 (2 F) $1 \leq k, l \leq 24$

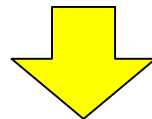
	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	
出入口	161	51	124	23	352	99	323	71	73	232	55	33	100	72	48	42	35	62	42	45	47	73	422	370	
H1		12		9	61	52	16	2	6	11		44	22	13	4	2	2	57		18	94	12	4	49	
H2					9	7	2	14	3	15	7	2	3	7				10		7				11	
H3				5	10	12	6		44	7			46		3			3		3	41	3		45	
H4					7		5						8					2							
H5						17	90	18	6	46	7	3	93	123				133	2		121	81	4	43	
H6							17	41		46	65	41	9	58			7	7		6	44	10	4	57	
H7								5	12	17			7	7		2			2		13			17	
H8									2	52	41		2	43	2					6				6	
H9										12	7		57	3			7	3		2	47			49	
H10											41	2	9	50	3	2		9		3	2	7		12	
H11													18	94	7		20	9	2	41	52	47	2	10	
H12													7	7			5	2			45	9		44	
H13														98			13	94	3	4	93	96		6	
H14															3			128	2	48	179	160		2	
H15																3	3			3	3	5			
H16																	3			2					
H17																		4						7	
H18																				12	129	87		2	
H19																							2	5	
H20																						54	44	2	
H21																							136	2	81
H22																									
H23																								6	
H24																									

解法

24個の場所に24個のカテゴリを置く



厳密解を出すことは難しい(計算時間が大)

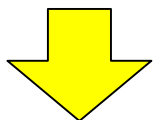
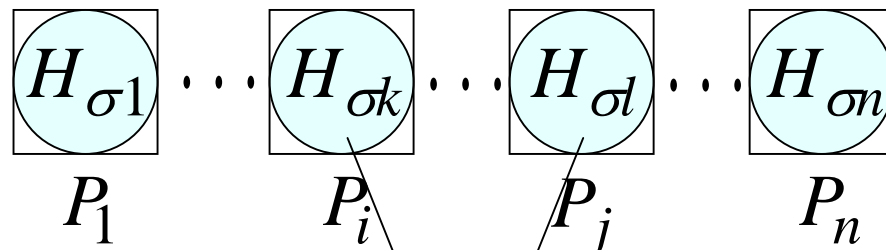


局所探索法を利用

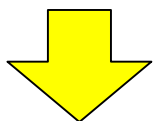
5. 解法

局所探索法

現状の配置を初期解とし
重みつき移動距離を求める σ
現状の配置を順列 σ とする

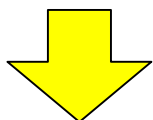


2つを選び入れ替える

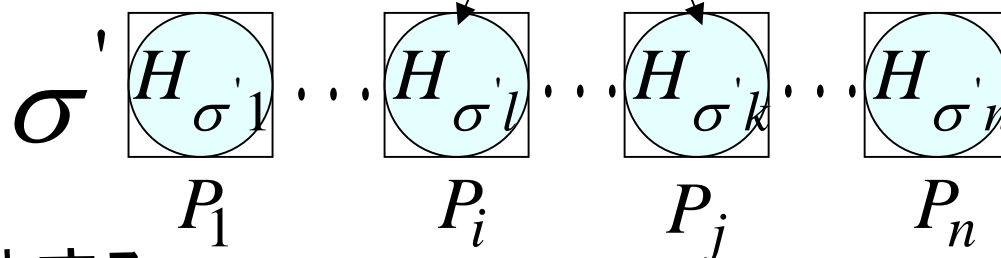


目的関数値を求める

重みつき移動距離が一番小さく
なる配置の順列を σ' にする



全ての交換を試す



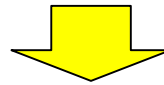
改善できなくなるまで行い
得られた配置を準最適解とする

図11 近傍探索

実験概要

実験データ

24個の商品カテゴリの f_{kl} と24場所間の距離 d_{ij} に
出入口 P_0 とレジ P_{n+1} を入れた 26×26 の行列を用意



目的関数値を計算して準最適配置を求める

局所探索法をBorland社のDelphi6を用いて実装し実験を行った

7. 実験結果・考察

実験データ(2F)

表3 2Fの頻度表

	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24
出入口	161	51	124	23	352	99	323	71	73	232	55	33	100	72	48	42	35	62	42	45	47	73	422	370
H1		12		9	61	52	16	2	6	11		44	22	13	4	2	2	57		18	94	12	4	49
H2					9	7	2	14	3	15	7	2	3	7				10		7				11
H3				5	10	12	6		44	7			46		3			3		3	41	3		45
H4					7		5						8					2						
H5						17	90	18	6	46	7	3	93	123				133	2		121	81	4	43
H6							17	41		46	65	41	9	58			7	7		6	44	10	4	57
H7								5	12	17			7	7		2			2		13			17
H8									2	52	41		2	43	2					6				6
H9										12	7		57	3			7	3		2	47			49
H10											41	2	9	50	3	2		9		3	2	7		12
H11													18	94	7		20	9	2	41	52	47	2	10
H12													7	7			5	2			45	9		44
H13														98			13	94	3	4	93	96		6
H14															3			128	2	48	179	160		2
H15																3	3			3	3	5		
H16																	3			2				
H17																			4					7
H18																				12	129	87		2
H19																							2	5
H20																								2
H21																					54	44		2
H22																						136		81
H23																								6
H24																								

実験結果(2F)

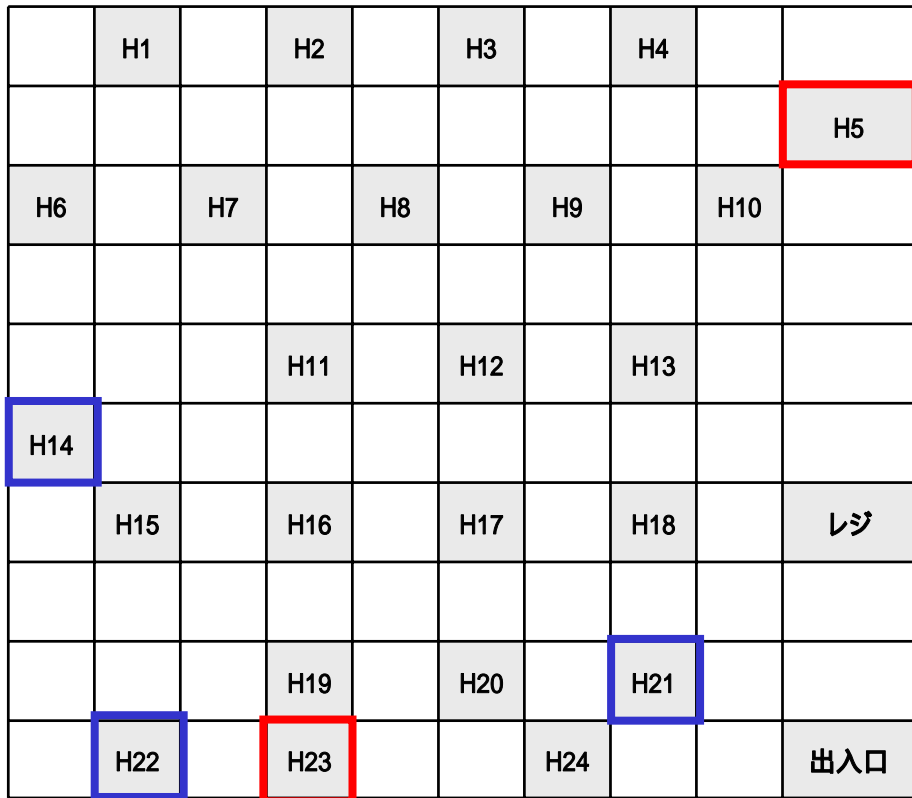


図12 実際の商品配置(2F)

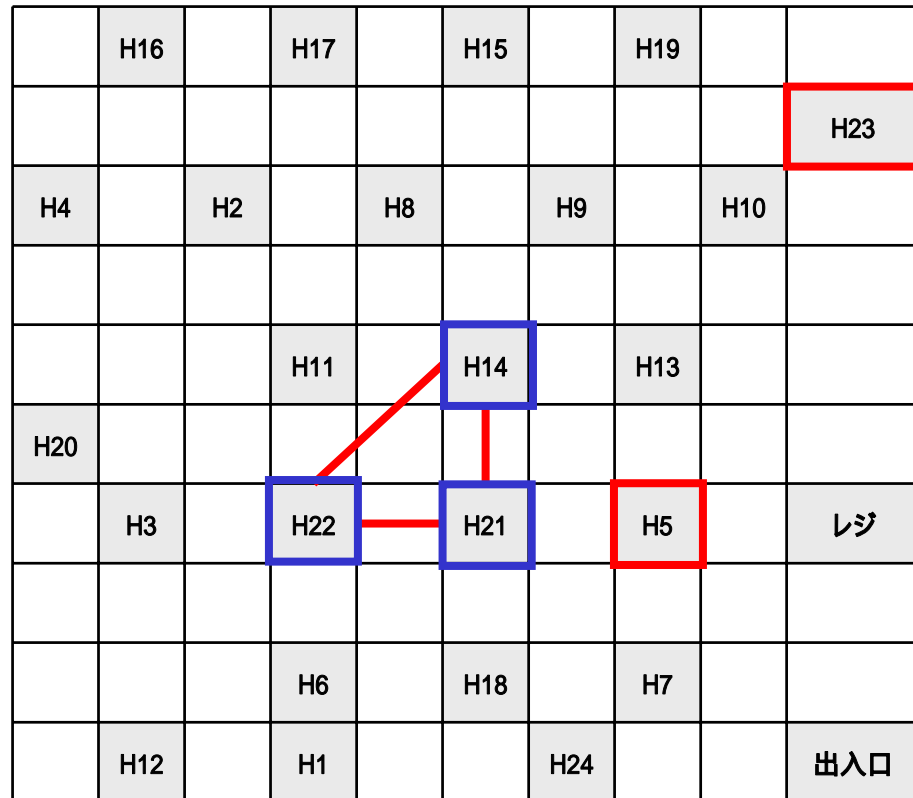


図13 提案する商品配置(2F)

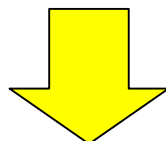
表4 重みつき移動距離の差

実際の商品配置(人・m)	113,118
提案する商品配置(人・m)	86,375
重みつき移動距離の差(人・m)	26,473

約24%減

考察

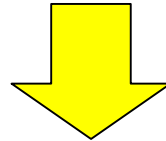
- 単品購入頻度が高い商品は出入口・レジ近くに配置されている
- 連続して購入する頻度が高い商品同士も近くに配置されている



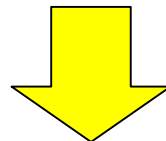
両方を踏まえた上で商品配置が改善されている

まとめ

二次割当問題として定式化し、局所探索法で良い商品配置を探す方法を提案した



移動距離を改善させた商品配置を求めた
(2Fは24%減, 3Fは13%減)



K電気k支店が商品配置を変える際に1つの手法として参考になるものと考えられる

今後の課題

- 商品の大きさを関係なくしたが、大きさと分類を再検討する必要がある
- 配置場所の大きさも考慮する必要がある

参考文献

- [1] 東洋経済新報社:全国大型小売店総覧, アクセス日2008/2/7
<http://www.toyokeizai.co.jp/data/databank/ogatakouri/index.html>
- [2] 久保 幹雄, 田村 明久, 松井 知己 編集
『応用数理計画ハンドブック』朝倉書店 2002
- [3] 池田 成樹(著) 『Delphiはじめの一步』
(株)カットシステム 2003
- [4] 掌田 津耶乃 『Delphiパーソナルプログラミング』
(株)毎日コミュニケーションズ 2002
- [5] 柳浦 睦憲, 茨木 俊秀 著
『組合せ最適化 –メタ戦略を中心として-』 朝倉書店 2001
- [6] 伊理 正夫, 今野 浩, 刀根 薫 監訳
『最適化ハンドブック』 朝倉書店 1995

実験データ(3F)

表5 3Fの頻度表

	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	
出入口	147	24	26	61	118	41	127	72	584	55	30	153	189	118	128	147	93	153	5	156	35	340	106	85	
H1		15	22	17	7	3	14	16	34	4		4	14	33						4		26			2
H2			23						9		7		7	7						9					
H3				3	3	2			13	3	7	3	11	13		4		2		7		11			
H4					7		50	53	13	3			15	113	9							6			41
H5							43	47	28			3	50	4	50					6		9			
H6							2		4								2					3			
H7								96	22	3		4	58	64	41		4	4				9			41
H8									32				64	80	55				2			9			41
H9												10	35	11	8			9		5		38	2		
H10													42		41		3	2				11	3		4
H11																	2			12	2	5	8	32	
H12													5		5		8	2	2	2	2	14			
H13														29	265	5	3					17			
H14															2					2	5				41
H15																3				3	25	3			
H16																									
H17																						6			2
H18																					5	6			
H19																									
H20																						6	25	30	13
H21																						2			2
H22																								30	3
H23																									18
H24																									

実験結果(3F)

	H1			H2			H3	H4	
H5		H6		H7		H8		H9	H10
H11		H12					H13		
				H14		H15	レジ		H16
H17		H18							
H19		H20		H21		H22		H23	
				H24					出入口

	H19			H6				H10	H16	
H2		H3		H8			H7		H15	H5
H11		H4						H13		
						H14		H1	レジ	H9
H17		H24								
H21		H23		H20				H12	H22	
						H18				出入口

図14 実際の商品配置(3F)

図15 提案する商品配置(3F)

表6 重みつき移動距離の差

実際の商品配置(人・m)	83,197
提案する商品配置(人・m)	72,902
重みつき移動距離の差(人・m)	10,295

 約13%減