

2018 年度 卒 業 論 文

食料品スーパーマーケットの
屋内展示形態の自動生成に関する研究

指導教員：渡辺 大地 准教授

メディア学部 ゲームサイエンス プロジェクト
学籍番号 M0115354
義澤 勇輝

2018 年 9 月

2018年度 卒業論文概要

論文題目

食料品スーパーマーケットの
屋内展示形態の自動生成に関する研究

メディア学部

学籍番号：M0115354

氏名

義澤 勇輝

指導
教員

渡辺 大地 准教授

キーワード

自動生成、屋内、食料品スーパーマーケット、配置

近年、ゲームやアニメーションなどのコンテンツにおいて、3DCG オブジェクトを使った街並みなどが増えている。しかし、3DCG のモデルの制作には多くの時間と手間を必要とする。そのため、時間や手間の削減を行うため街並みの自動生成や建物などを自動生成する研究は多く存在する。だが、これらの自動生成の研究では外観の生成が大半であり、建物の内側を自動生成する手法についての研究は少なく不十分である。

屋内を自動生成できるようになれば、様々なコンテンツで簡単に屋内を使用でき、コンテンツ制作が容易になると推察できる。また、様々なコンテンツの幅が広がると期待できる。

本論文ではこの目的を達成する一つの手法として、実際の食料品スーパーマーケットで使用されている理論や法則に考慮した食料品スーパーマーケットの屋内展示形態を自動生成する手法を提案する。提案手法ではまず基準となる床や支柱などのフロアの生成を行い、次にフロア内の売場コーナーの位置や大きさを調節し決定する。その後売場コーナー毎に注目し陳列棚を支柱の位置を考慮して生成することで食料品スーパーマーケットの屋内展示形態の自動生成を行う。提案手法の評価として、提案手法を用いて自動生成を行うツールを開発し、本手法の食料品スーパーマーケットの屋内展示形態の生成結果と、実在する食料品スーパーマーケットの屋内展示形態を比較して評価、検証した。その結果実際の食料品スーパーマーケットの屋内展示形態に近い生成結果を得られた。

目次

第1章	はじめに	1
1.1	研究背景と目的	1
1.2	論文構成	3
第2章	食料品スーパーマーケットについて	4
2.1	最低限満たすべき条件	4
2.2	使用されている理論や法則	5
2.3	店内の利便性の向上	8
2.3.1	通路	9
2.3.2	島陳列	9
第3章	提案手法	11
3.1	フロアの生成	11
3.2	売場コーナーの位置決定	14
3.3	陳列棚の配置および形態の決定	21
第4章	評価	28
4.1	店舗レイアウトの比較	28
4.2	通路と支柱	30
4.3	考察	31
第5章	まとめ	32
	謝辞	33
	参考文献	34

目 次

2.1	ワンウェイ・コントロールの正しい例	6
2.2	死に場所ができてしまう悪い例	7
2.3	顧客にストレスを与えてしまう悪い例	7
2.4	道が枝分かれしていて誘導できない悪い例	7
2.5	磁石売場の場所	8
3.1	フロアの生成	14
3.2	ワンウェイ・コントロールを考慮した動き	16
3.3	売場コーナーの位置決定	16
3.4	島陳列の陳列棚の設置を仮定した場合	17
3.5	売場コーナーの大きさを調節	17
3.6	壁際の陳列棚と主通路の確保	22
3.7	最長距離と最短距離	24
3.8	支柱をめぐり込ませつつ陳列棚を生成した場合	24
3.9	売場を2つのエリアに分けた図	25
3.10	中央に通路を作らない場合	26
3.11	中央に通路を作った場合	26
3.12	完成イメージ図	27
4.1	自動生成結果1	29
4.2	自動生成結果2	29

第 1 章

はじめに

1.1 研究背景と目的

近年、ゲームやアニメーションなどのコンテンツにおいて、3次元コンピュータグラフィックス（以下、3DCG と表記する）のモデルを使用した建物やその建物で構成された街並みなどが増えている。しかし、3DCG のモデルを人の手で制作するには時間がかかり、街全体を全て人の手で制作しようとした際には膨大な時間と手間を必要とする。そのため、時間や手間を削減できるように建物や、街を自動で制作する研究や街の構造などを考慮してイチから街全体を作り出すソフトウェア [1] などが既に多く存在している。杉原ら [2] は、実際の街などの電子地図データから得られる建物の直角ポリゴンを用いてその形態に沿った屋根付きの建物を 3DCG モデルで自動生成する手法を提案した。大志田ら [3] は 3DCG として重要なものである住宅を手続き化した処理を用いることで容易に住宅モデルを作れる手法を検討した。長谷川ら [4] は、航空写真画像と基盤地図情報から屋根形状を考慮した建物モデルの自動生成を行う手法を提案した。Pascal ら [5] は、区画を分割し、その区画内で形状を決め、更に区画の分割を行い建物の複雑な形状作りこんでいくといったプロシージャル技術を研究し、基礎となる形状から様々な建物の生成を行うための研究を行った春日ら [6] は顧客の希望と建築基準等の制約条件があり、この 2 つを考慮してなるべく

希望に沿った間取り図面を自動生成する手法を研究し提案した。尾崎ら [7] は自立走行可能な無人移動物体にカメラをつけ、屋内を走らせることでデータを集め、そのデータから 3 次元地図に反映する領域を手動で選びテクスチャマッピングし 3 次元地図を生成する手法について研究した。落合 [8] は、駅の特性を考慮し鉄道駅形状を自動生成する手法を提案した。

しかし、これらの研究やソフトウェアなどは建物の外観形状を 3DCG モデルで生成するものが大半であり、落合の駅構内を自動生成する研究などの建物の内側を自動生成する研究やソフトウェアは少なく不十分である。

建物の内側を自動生成できるようになれば、様々なコンテンツで簡単に屋内を使用でき、コンテンツ制作が容易になる。また、様々なコンテンツの幅が広がると期待できる。

そこで本研究では建物の内側を自動生成する手法を提案する。だが、建物の内側と一口に言っても学校や住宅など、その建物の用途によって屋内の形状などは様々である。そこで本研究では生活するうえでよく利用される食料品スーパーマーケットに注目し屋内の自動生成を行うための手法について研究し提案する。佐藤ら [9] は新規顧客の獲得ではなく獲得した顧客の維持などを行うための方法の有効性の研究を行い、藤野ら [10] は顧客の動きなどの情報を取得し購買行動を記録することで顧客の店舗での動きなどをシミュレーションしデータを得る研究を行っている。食料品スーパーマーケットと顧客との関係などの研究はあるが自動生成に適用したものはない。

そこで、本研究では食料品スーパーマーケットの特徴や実際に使用されている理論を考慮し、3次元空間内に直方体を配置することで屋内の展示形態を生成し、実際の食料品スーパーマーケットの屋内展示形態の表現を目的とした。

なお、本研究では提案手法を用いて自動生成を行うツールを開発し、本ツールから得られる生成結果から実際の食料品スーパーマーケットの加増と比較し検証を行った。

その結果、ある程度食料品スーパーマーケットの特徴を考慮したものを自動生成することができた。また支柱の位置や陳列棚の位置を変えることで様々な食料品スーパーマーケットの屋内展

示形態を表現できた。

1.2 論文構成

本論文は全 5 章で構成する。本章では研究背景と目的について述べ、第 2 章では食料品スーパーマーケットについて述べる。第 3 章では食料品スーパーマーケットの屋内を自動生成する手法について述べ、第 4 章では本手法を用いて自動生成した食料品スーパーマーケットの形状の評価について述べる。そして最後に第 5 章でまとめについて述べる。

第 2 章

食料品スーパーマーケットについて

本章では、食料品スーパーマーケットの特徴や使用されている法則、また食料品スーパーマーケットで使用されるものの名称や説明を記述する。2.1 節では経済産業省がスーパーマーケットなどの小売店を分類、定義している条件 [11][12] について記述し、2.2 節では実際に食料品スーパーマーケットで使用されている理論などについて記述する。2.3 節では顧客にストレスを与えないための条件について記述する。本章を記述するにあたり渥美氏著書の書籍 [13] やインターネットのサイトの情報 [14] を参考にしている。

2.1 最低限満たすべき条件

経済産業省の定義では 3 つの条件がある。まず第 1 にセルフサービス方式の販売方式をとっていることである。セルフサービス方式とは、①商品が無包装、あるいはプリパッケージされ、値段が付けられていること。②備え付けの買物カゴ、ショッピングカートなどで客が自由に商品を取り集められる形式であること。③売場の出口などに設けられた勘定場で客が一括して代金の支払いを行う形式であること。という上記の条件を兼ね備えている売場が 50% 以上ある場合をセルフサービス方式という。次に第 2 の条件は売場の面積が 250m² 以上であることである。最後の

第3の条件は取り扱っている商品の70%以上が食料品であることである。この上記の3つの条件を満たしている小売店を食料品スーパーマーケットという。また、一般的にスーパーやスーパーマーケットと呼ばれるものはこの食料品スーパーマーケットを指すことが多い。

2.2 使用されている理論や法則

実際の食料品スーパーマーケットでは売上を向上させるために様々な理論や法則が存在している。本節ではそれらについて記述していく。

売上を向上させるために実際に使われている法則のひとつにワンウェイ・コントロールがある。ワンウェイ・コントロールとは顧客を店側が計画したとおりに、売場内で誘導するための経験法則の総称であり、顧客に店の全体をくまなく回ってもらえるように計画的に誘導する顧客誘導方式である。また、この店側が計画した顧客の動きを線で表したものを顧客誘導線という。顧客の動いた距離と売上が比例するという理論から、来店した多くの顧客になるべく店の中を歩いてもらい、多くの商品を見てもらうことを目指し、顧客誘導線はなるべく店全体を通過し長くすることが望ましい。顧客の動きを表した客動線と呼ばれるものがあり、この客動線を店側が意図した動きである顧客誘導線になるべく近づけることがワンウェイ・コントロールの目標である。

ワンウェイ・コントロールを行うための誘導要因には物理的誘導要因と心理的誘導要因がある。

まず、物理的誘導要因について記述していく。物理的誘導要因とは主に陳列棚の配置方法によって行うものである。顧客誘導線の始点と終点は売場への出入口となるため出入口の位置は重要なものである。理想的な物理的誘導を行った際の出入口の位置と顧客誘導線は、長方形のフロアとした場合にひとつの辺の両端に入口と出口のどちらかひとつずつ設定し、入口から出口までを店内部の外周近くでぐるりと囲んだ線が顧客誘導線である。物理的誘導要因の理想的な形の一例が図2.1である。

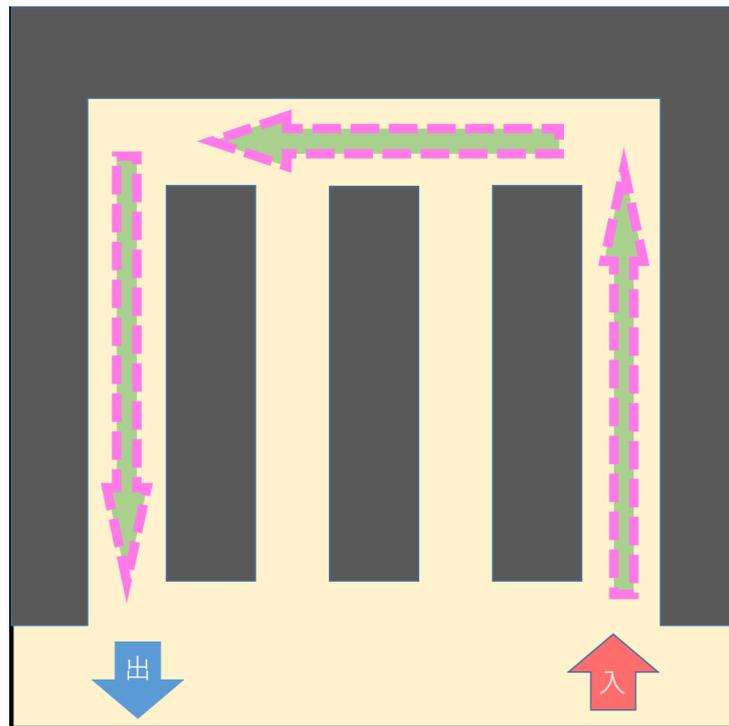


図 2.1 ワンウェイ・コントロールの正しい例

反対に物理的誘導要因での悪い条件について記述していく。

第 1 の悪い条件は出入口が同じ辺上になく、右下と左上のような出入口が斜め方向などにあるような店内レイアウトの場合である。このようなレイアウトでは顧客誘導線を作った際に、顧客は入り口から出口まで行くまでに右回りで行く場合には右側だけを、左回りで行く場合は左側だけしか通らなくなり、顧客があまり通らない無駄スペースいわゆる死に場所ができてしまうためよい物理誘導ではない。それを示したのが図 2.2 である。第 2 の悪い条件は突き当たりなどが存在する場合である。この場合来た道を戻るといった顧客誘導線ができてしまし回遊しづらく、顧客にストレスを与えてしまうような配置なためよい物理誘導ではない。それを示したのが図 2.3 である。第 3 の悪い条件は主通路が枝分かれしている場合である。綺麗な一筆書きの 1 本線になっていないため、計画的に誘導することが不可能となりワンウェイ・コントロールの考え方が破綻してしまう。そのためよい物理誘導ではない。それを示したのが図 2.4 である。

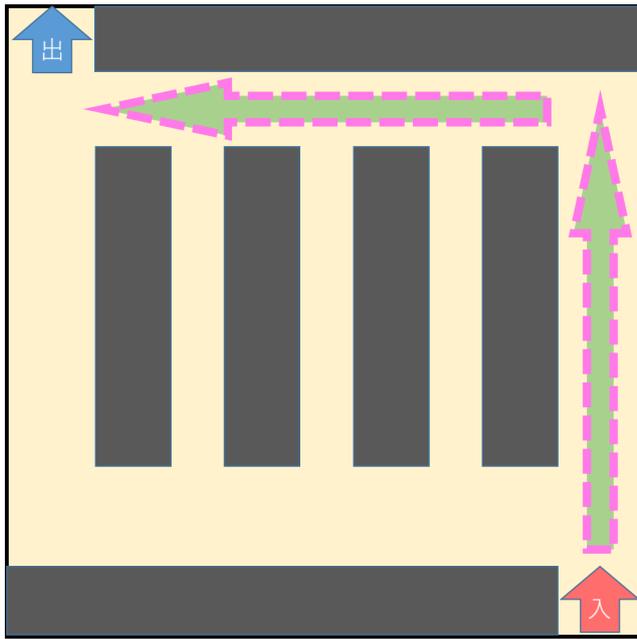


図 2.2 死に場所ができるしまう悪い例

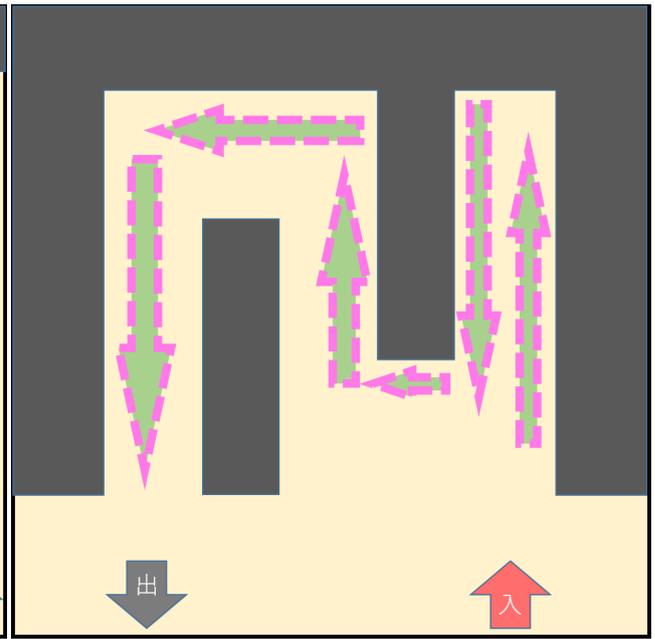


図 2.3 顧客にストレスを与えてしまう悪い例

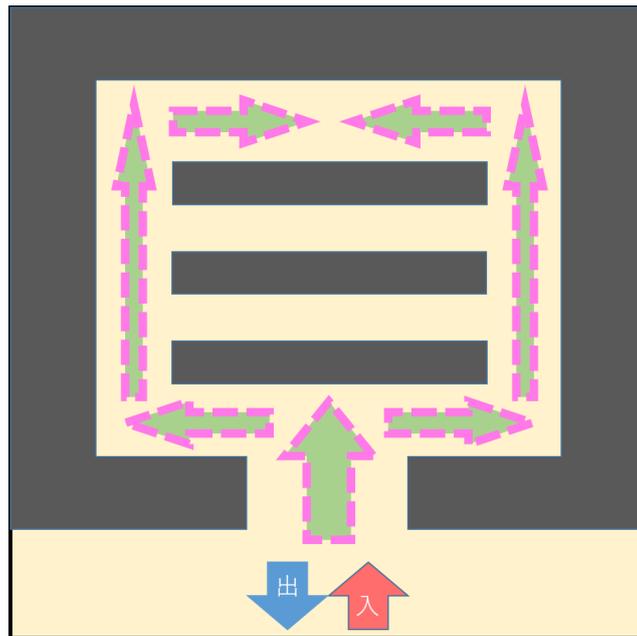


図 2.4 道が枝分かれして誘導できない悪い例

次に心理的誘導要因について記述していく。商品には購買頻度や商品の人気などから顧客を引き付ける力がある。その顧客を引き付ける力を用いることで顧客を誘導しようとするのが心理的誘導である。顧客を引き付ける力は商品毎に強さがあり、その強さから4つの区分けがされ、顧客を引き付ける力のある商品の置かれている売場を引き付けるという意味から磁石売場と呼ばれ

ている。磁石売場は引き付ける力の強さから第1磁石売場、第2磁石売場、第3磁石売場、第4磁石売場と分けられている。この4種の分けの他に少し違う区分としてシーゾナル売場がある。この磁石売場の引き付ける力の強さを用いることで顧客を誘導していく。そのため磁石売場を計画的に配置しなくてはならない。

ここでは、本研究で適用した第1磁石売場と第2磁石売場について述べる。第1磁石売場は最も引き付ける力が強い売場であるため、顧客を誘導できるように顧客誘導線に沿うように配置する。第2磁石売場は通路をまっすぐ奥まで進んでもらえるように通路の延長にある陳列棚部分に配置する。

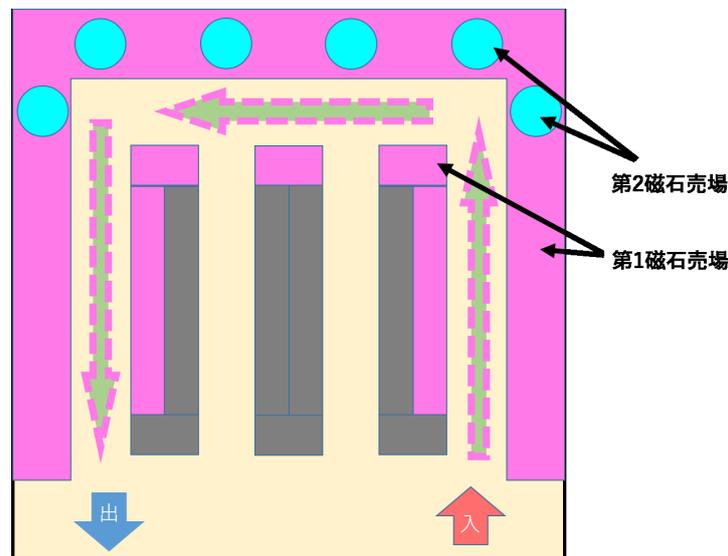


図 2.5 磁石売場の場所

第1磁石売場と第2磁石売場の位置を図で示すと図2.5のピンク色の部分が第1磁石売場で、水色の円で囲ってある部分が第2磁石売場である。

2.3 店内の利便性の向上

食料品スーパーマーケットでは陳列の方法だけでなく、顧客にストレスを与えず快適に買い物ができる環境を整える必要があり、そのための様々な条件がある。本節では渥美の主張に基づき、

その条件について記述していく。

2.3.1 通路

まず、食料品スーパーマーケットの通路全てに通して必要な条件について述べる。第1に通路幅が十分に広いことである。顧客がショッピングカートを押すことや顧客同士がスムーズにすれ違える必要があるためである。細い通路であっても1.5m以上の幅が必要としており、売場面積の広い店舗ではさらに幅の広い通路でなくてはならないとしている。第2に、直線的な通路なことである。陳列棚が通路側に凸凹と飛び出してはならず、徐々に道幅が変わることや曲がるようなことがあってはならないとしている。第3に、平坦な通路なことである。通路の手前と奥で高低差があり、坂道になっている通路はあってはならないとしている。そして第4の条件は通路の曲がり角が少ないことである。曲がり角が多い場合、曲がり角ごとに顧客は勝手な方向に移動できるため計画的に誘導できずワンウェイ・コントロールができなくなってしまう。そのため、曲がり角を少なくしなくてはならないとしている。また、通路は短い場合より長い場合のほうがより物理誘導能力が高くなるため、できるだけ長くしなくてはならないとしている。

次に主通路について、主通路はワンウェイ・コントロールを用いた際に顧客の80%以上を通らせるための通路であり、ワンウェイ・コントロールの誘導線に沿って存在する幅の広い通路である。主通路は通路の中で最も幅が広い必要があり、前述の通路の一つ目の必要な条件である売場面積が大きければ大きいほど道幅を広くするという性質が普通の通路以上にとても重要であるとされている。

2.3.2 島陳列

島陳列とは通路上に平台などを用いて商品を陳列することである。高すぎない平台を使うことで商品が見やすいことや商品を手に取りやすいという特徴がある。島陳列では通路上に陳列棚を

設置するため、通行の邪魔になりやすいことや顧客同士がすれ違いづらいという問題があり、島陳列の周りの通路は一般的な通路に比べて広い幅を確保する必要があるとしている。

第 3 章

提案手法

本章では、食料品スーパーマーケットの特徴を考慮した食料品スーパーマーケットの屋内形状の自動生成の手法について述べる。本手法では、3次元空間全体を表すワールド座標系の中にモデルを配置し、自動生成を行う。モデルの位置は、3次元空間の左手前を原点とした、左手座標系による x, y, z 軸上の値で表す。 y 軸は高さ xz 平面は水平である。幅を表す x 軸において、右方向は $+x$ 方向を指す。高さを表す y 軸において、上方向は $+y$ 方向を指す。奥行きを表す z 軸において、奥方向は $+z$ 方向を指す。以下の3つの手順で食料品スーパーマーケットの屋内を自動生成する。

3.1 フロアの生成

まず、食料品スーパーマーケットの全体となる床と支柱と合わせたフロアを生成する。食料品スーパーマーケットの理想的な床形状は俯瞰図で見た際に凸凹の含まない四角形である。そのため本手法では長方形の床を生成する。床の大きさは縦と横のどちらが長い場合でも比が 1:1.8 以上になると売上が著しく低下してしまう。そのため、1:1.8 の比を越えない範囲で、売場面積が 250m^2 以上になるように自動生成する。自動生成した床の x 方向の大きさを W とし、 z 方向の

大きさを D とする。また、主通路の幅は売場面積の大きさから最低限必要な幅が下記の表 3.1 のように決まっている。

表 3.1 売場面積と主通路の最低幅の関係

売場面積	主通路幅
30 坪以下	150cm 以上
100 坪以下	180cm 以上
300 坪以下	210cm 以上
500 坪以下	240cm 以上
700 坪以下	270cm 以上
700 坪を越える	300cm 以上

上記の表 3.1 から主通路の最低幅が決まる。その最低幅を越える任意の主通路幅をランダムに取得し、主通路の幅 M とする。

次に支柱の生成である。食料品スーパーマーケットの支柱は一定間隔に並んでいる。そのため床に一定間隔で配置していく。明確な決まりではないが、実際の食料品スーパーマーケットを観察した結果、支柱は正方形で幅は 1m 前後、支柱間の距離は支柱の幅のおよそ 10 倍であることがわかった。支柱の幅を A 、支柱間の距離を B としたとき、 A, B の値は式 (3.1) のようになる。

$$\begin{aligned}
 A &= 1 + \alpha \\
 \text{ただし、} & -0.2 < \alpha < 0.2 \\
 B &= 11A + \beta \\
 \text{ただし、} & -1.0 < \beta < 1.0
 \end{aligned}
 \tag{3.1}$$

支柱の生成では四角い床の手前の辺に出入口があり、手前の辺以外の 3 辺付近を顧客誘導線が通っていると仮定して生成していく。手前以外の 3 辺には顧客誘導線があるため主通路が存在することがわかる。また、食料品スーパーマーケットの壁際に隣接するように陳列棚が配置してあるため、壁際から主通路の幅分と壁際の陳列棚の奥行き分の距離以上離れた場所から生成する必要がある。しかし、この最低限壁際から離す距離は支柱間の距離より基本的に小さいため壁際か

ら支柱間の距離 B 分離することで支柱の生成が可能である。

支柱生成では基準点 \mathbf{K} を支柱間距離 B から定める。基準点 \mathbf{K} は式 (3.2) のようにする。

$$\mathbf{K} = (B, D - B) \quad (3.2)$$

支柱の生成する場所を示す位置座標点群 $\mathbf{H}^{i,j}$ とし、 $i = 0, j = 0$ のとき $\mathbf{H}^{i,j} = \mathbf{K}$ となる。

$i = 0, 1, 2 \dots n$ と増加する際、 $\mathbf{H}_x^{i,j}$ は B ずつ増加する。同様に $j = 0, 1, 2 \dots m$ となるときの、 $\mathbf{H}_z^{i,j}$ は B ずつ減少する。よって $\mathbf{H}^{i,j}$ は式 (3.3) となる。その位置座標点群 $\mathbf{H}^{n,m}$ の座標まで支柱を生成する。

$$\begin{aligned} \mathbf{H}^{i,j} &= (B(i+1), D - B(j+1)) \\ &\text{ただし、} i = 0, 1, 2 \dots n \\ &\quad \mathbf{H}_x^{n,j} < W - B \\ &\text{ただし、} j = 0, 1, 2 \dots m \\ &\quad \mathbf{H}_z^{i,m} > B \text{ を満たす} \end{aligned} \quad (3.3)$$

上記の手法により支柱を生成でき、床と支柱を生成した結果を示したものが図 3.1 である。

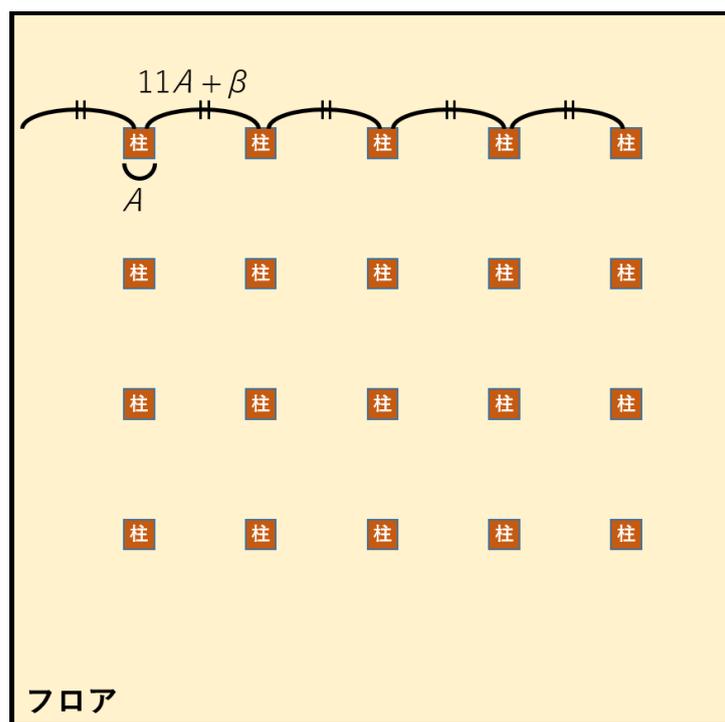


図 3.1 フロアの生成

3.2 売場コーナーの位置決定

売場コーナーの位置決定を行うためワンウェイ・コントロールを考慮することで、出入口を手前の辺の両端に設定し、入り口から出口までの誘導線を意識し第1磁石売場となる売場コーナーの位置を決定する。本手法では日本の食料品スーパーマーケットの多くが実際に使用している以下の順番を想定し生成する。

1. 青果売場
2. 鮮魚売場
3. 精肉売場
4. 乳製品売場
5. 日配品売場

右手前に入口を左手前に出口に設定した場合はフロア全体を左回りで回るようにワンウェイ・コントロールの誘導線ができる。それを示したのが図 3.2 である。誘導線上に上記の順番で売場コーナーの配置をしていく。売場コーナーの位置を決める際に手前側はある程度空けておく、この隙間は商品を置く場所ではないがレジなどの食料品スーパーマーケットに必要なものであり、それらを置く場所として考慮しているため空間を確保している。この空間の横幅は床の横幅 W と等しく、奥行きは任意の数値 R を決めておく。

売場コーナーの配置では、入口近くの誘導線の始点部分に青果売場を、次にその奥の角の部分に鮮魚売場を、精肉売場は奥辺の中央に配置し、乳製品売場は精肉売場の後にある角に配置する。最後に誘導線の終点部分に日配品売場を設定する。

日本ではフロアの両端にある青果売場、鮮魚売場、乳製品売場、日配品売場では 2.3.2 項で記述した島陳列または島陳列に類似した商品の陳列方法をとっている。そのため上記の 4 つの売場では売場内の島陳列形式の陳列棚の周りには十分な幅の通路を確保しなくてはならない。

本手法では、売場コーナーの大きさを決定のために青果売場の陳列棚の大きさをあらかじめ決めておく。青果売場の陳列棚には島陳列の陳列棚と、第 1 磁石売場が壁際にある売場コーナーなため、壁に隣接した陳列棚の 2 種類がある。島陳列の陳列棚の横幅を C 、奥行きを E とし、壁際の陳列棚の奥行きは F とする。これにより青果売場の横幅を G とした際に、 G は壁際の陳列棚、その横に主通路、その横に島陳列の形式の陳列棚、その横にまた主通路があり、その 4 つの全ての大きさが青果売場の横幅を G となる。それを示したのが式 (3.4) である。鮮魚売場は青果売場と同じ幅である。乳製品売場と日配品売場は青果売場の幅 G の $\frac{2}{3}$ の幅で生成する。精肉売場の幅を I とした場合、 I は床の横幅 W から青果売場の幅 G と日配品売場の幅 $\frac{2}{3}G$ を引いた数になる。それを示したのが式 (3.5) である。

$$G = F + C + 2M \quad (3.4)$$

$$I = W - \frac{5}{3}G \quad (3.5)$$

次に奥行きの大きさについて記述していく。本手法では青果売場と日配品売場、鮮魚売場と乳製品売場はそれぞれ奥行きを等しくし、フロア全体の奥行き D からレジなどの空間の奥行き R を引いた残りから青果売場:鮮魚売場が 3 : 4 になるように設定する。

その結果を示すのが図 3.3 である。

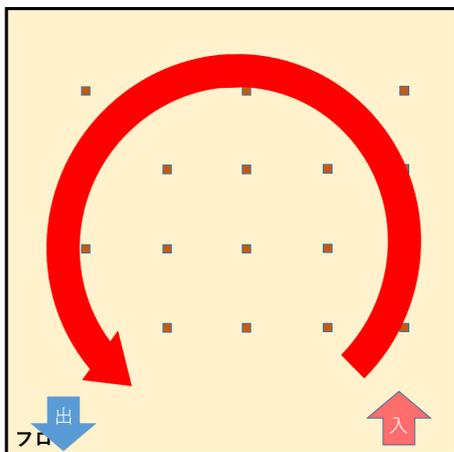


図 3.2 ワンウェイ・コントロールを考慮した動き

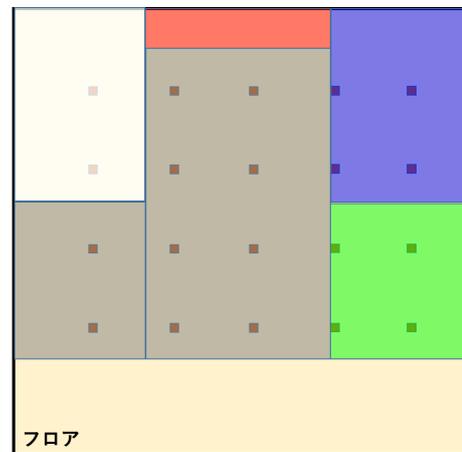


図 3.3 売場コーナーの位置決定

しかし、3.1 節で生成した支柱の位置によっては、売場コーナー内に設置した島陳列形式の陳列棚の周りの通路内に支柱が入り込んでしまい通行の妨げになってしまう場合がある。それを示したのが図 3.4 である。そのため売場コーナーの大きさを調節しなくてはならない。

本節では売場コーナーの横幅を調節することで売場内の縦通路内に支柱が存在しないような配置とする調節方法について記述する。調整の終わった理想的な売場コーナーを示したのが図 3.5 である。

上記の 4 つの売場コーナーである、青果売場、鮮魚売場、乳製品売場、日配品売場は第 1 磁石売場の誘導線上の売場コーナーのため島陳列の両側に主通路を確保する。また、売場コーナー内の壁際の主通路については支柱を生成するタイミングで壁際から一定以上の距離を空けて設置し

ているため考慮しなくてよい。

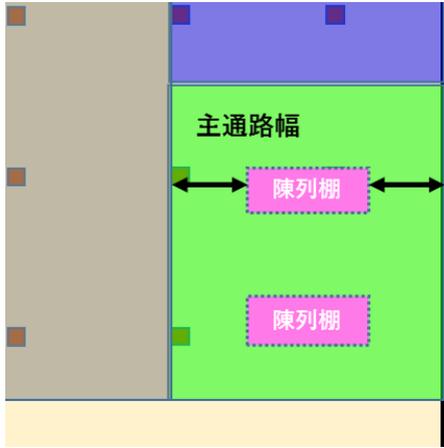


図 3.4 島陳列の陳列棚の設置を仮定した場合

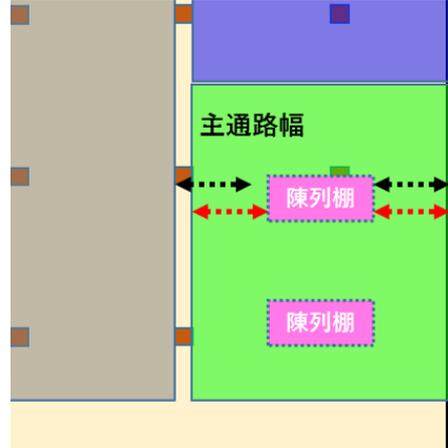


図 3.5 売場コーナーの大きさを調節

右の壁側にある青果売場と鮮魚売場では設定したコーナーの左端の x 座標と支柱の x 座標を比べ、売場コーナー内の左側の主通路に支柱が入っていないか検出する。青果売場コーナーの左側の x 座標を L としする。位置座標点群 $\mathbf{H}^{i,j}$ から L に最も近い $\mathbf{H}_x^{i,j}$ を求める。求め方は式 (3.6) であり、その x 座標を J とする L の右側 ($+x$ 方向) にある主通路の中心 x 座標を検出し、その主通路の中心 x 座標の値を N する。なお、 J は支柱の中心座標である。その後、 N から J までの距離を O とし、その距離 O が主通路の半分の幅 $\frac{M}{2}$ と支柱の半分の幅 $\frac{A}{2}$ の和 (この和を Q とする) より小さい場合に支柱が主通路に入っていることがわかる。その関係を示したものが式 (3.7) である。

$$J = \mathbf{H}_x^i$$

$$\text{ただし、} i : |L - \mathbf{H}_x^i| \text{ が最小となる} \quad (3.6)$$

$$\begin{aligned}
N &= L + \frac{M}{2} \\
Q &= \frac{(A+M)}{2} \\
|J - \left(L + \frac{M}{2}\right)| &< \frac{(A+M)}{2} \\
|J - N| &< Q \\
|O| &< Q
\end{aligned} \tag{3.7}$$

支柱が主通路に入り込んでいる場合に注目している売場コーナーの横幅を支柱が売場コーナー内に入らないように売場コーナーの幅を縮小する。または売場コーナー内の主通路の内側つまり島陳列の部分まで入るように売場コーナーの幅を拡大する必要がある。縮小と拡大の決定は支柱の入り込んでいる主通路の中心部分 N より右にあるか左にあるかで判定する。左右の判定は主通路の中心から支柱の位置までの距離 O の大きさによって判定できる。

O が正の値なら主通路の中心より右側に、負の値なら左側に支柱があることがわかる。そのため支柱が右側なら売場の幅を拡大することで支柱を主通路よりも内側に入れ、支柱が左側なら幅を縮小することで売場コーナーの外側に支柱を出す処理を行う。縮小なら支柱の入り込んでいる距離と支柱の幅の半分の長さ $\frac{A}{2}$ を注目している売場コーナーの横幅 G から引くことで、調整後の売場コーナーの横幅 G' 求めることができる。支柱の入り込んでいる距離を S とすると S は主通路の幅の半分 $\frac{M}{2}$ から主通路の中心から支柱の位置までの距離 O を引いた値である。その関係を示したものが式 (3.8) である。

$$\begin{aligned}
S &= \frac{M}{2} - |O| \\
G' &= G - \left(S + \frac{A}{2} \right) \\
&= G - \left(\frac{M}{2} - |O| + \frac{A}{2} \right) \\
&= G - \left(\frac{M+A}{2} - |O| \right) \\
&= G - (Q - |O|)
\end{aligned} \tag{3.8}$$

拡大の場合は縮小と反対に加算することで支柱が縦の通路に入り込まないようにできる。その関係を示したものが式 (3.9) である。

$$G' = G + (Q - |O|) \tag{3.9}$$

また同時に売場コーナーの幅が調節されたため、島陳列の形式の陳列棚の横幅 C も同様に同じ長さで幅を変更する必要がある。

しかし、あらかじめ設定した島陳列の形式の陳列棚の横幅 C の値と支柱の位置座標 J 、並びに主通路の幅 M によっては、縮小、拡大をした際に陳列棚の横幅があり得ないほど大きくなる場合や、小さくなる場合があるため、支柱の左右方向に関係なく、拡大や縮小を行ってもよい。

次に、左側の売場コーナーである乳製品コーナーと日配品コーナーでは上記の方法と同じ考えではあるが、売場コーナーの左右側の違いから上記の式を多少変更し乳製品コーナーと日配品コーナーの横幅を調節する。主通路内に入り込んでいるのかの判定を行うための式 (3.7) は多少変更され、乳製品売場コーナーの右側の位置座標を L' とし、位置座標点群 $\mathbf{H}^{i,j}$ から L' に最も近い $\mathbf{H}_x^{i,j}$ を求める。求めた x 座標を J' とする L' の左側 ($-x$ 方向) にある主通路の中心 x 座標を検出し、その主通路の中心 x 座標の値を N' する。その後、 N' から支柱の x 座標 J までの距離を O' とし、その距離 O' が主通路と支柱の幅を合わせた半分の幅 Q より小さい場合に支柱が主通路に入っていることがわかる。その関係を示したものが式 (3.10) である。

$$J' = \mathbf{H}^{ix}$$

ただし、 $i : |L' - \mathbf{H}_x^i|$ が最小となる

$$\begin{aligned} N' &= L'x - \frac{M}{2} \\ |J' - \left(L'x - \frac{M}{2}\right)| &< \frac{(A+M)}{2} \\ |J' - N'| &< Q \\ |O'| &< Q \end{aligned} \tag{3.10}$$

その後、支柱の入り込んでいる主通路の中心部分 N' より右にあるか左にあるかを判定する。左右の判定は主通路の中心から支柱の位置までの距離 O' の大きさによって判定できる。

O' が正の値なら主通路の中心より右側に、負の値なら左側に支柱があることがわかる。そのため支柱が右側なら売場の幅を縮小することで支柱を主通路よりも内側に入れ、支柱が左側なら幅を拡大することで売場コーナーの外側に支柱を出す処理を行う。縮小と拡大は青果売場と同様に、現在の売場の横幅から、支柱の入り込んでいる距離と支柱の幅の半分の長さ $\frac{A}{2}$ を調整前の乳製品売場の横幅 $\frac{2}{3}G$ から加えたり引いたりすることで、調節後の乳製品売場の横幅を求めることができる。支柱の入り込んでいる距離を S' とすると S' は主通路の幅の半分 $\frac{M}{2}$ から主通路の中心から支柱の位置までの距離 O' を引いた値である。調整する大きさを T とすると、 T は支柱の入り込んでいる距離 S' と支柱の幅の半分の長さ $\frac{A}{2}$ の合計であり、つまり T は $Q - |O'|$ である。その関係を示したものが式 (3.11) である。

$$\begin{aligned}
S' &= \frac{M}{2} - |O'| \\
T &= S' + \frac{A}{2} \\
&= \frac{M}{2} - |O'| + \frac{A}{2} \\
&= \frac{M+A}{2} - |O'| \\
&= Q - |O'| \\
|O'| &< Q
\end{aligned} \tag{3.11}$$

この T を縮小の場合は調整前の乳製品売場の横幅 $\frac{2}{3}G$ に加え、拡大の場合は縮小と反対に加算することで支柱が縦の通路に入り込まないようにできる。

これらにより各第 1 磁石売場の幅の調節ができる。その結果を示したものが図 3.5 である。

3.3 陳列棚の配置および形態の決定

次は売場コーナー毎に注目し、売場コーナー内に陳列棚を配置していく。

まずは青果売場について記述していく。第 1 磁石売場は壁際にあるためまず壁の部分に陳列棚を配置する。実際の食料品スーパーマーケットでは冷蔵できる陳列棚が配置されている。

島陳列形式の陳列棚の横幅 C は 3.2 節の売場コーナーの横幅調節時に同時に変更したが、この島陳列形式の陳列棚の横幅 C は生成した壁際の陳列棚の前に主通路を作れる分だけ間隔を空け、さらに残りの売場コーナーの幅からもうひとつの主通路分引いた大きさである。ここまでの流れを図で示すと図 3.6 のようになる。

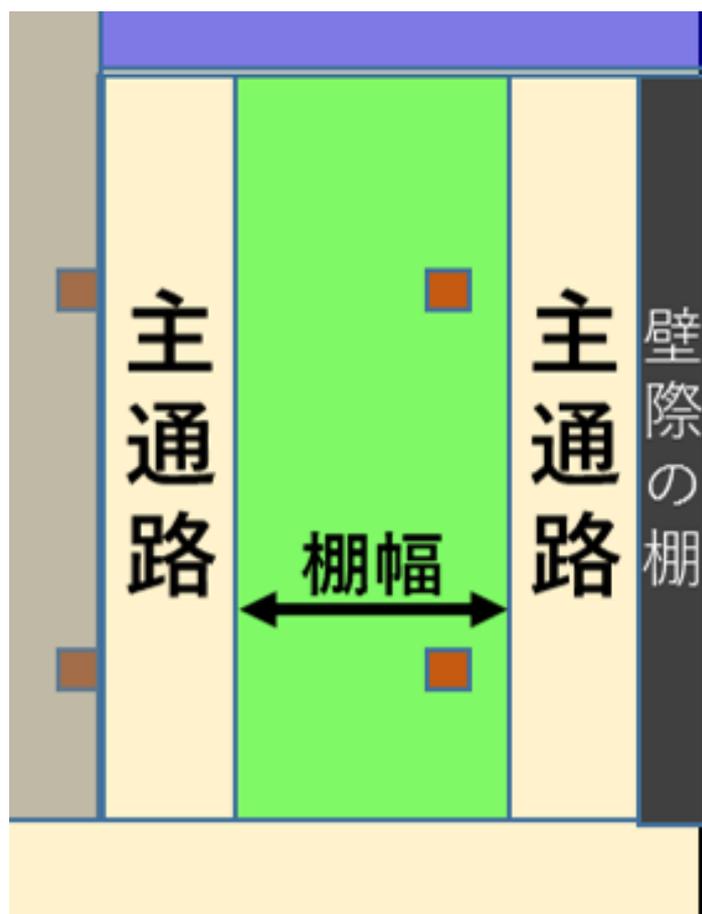


図 3.6 壁際の陳列棚と主通路の確保

島陳列形式の陳列棚を生成する際に考慮すべき点は売場内に支柱が存在するかどうかである。支柱が存在しない場合は売場コーナー手前の z 座標を基準とし、その基準から始まる陳列棚を配置する。その後、陳列棚の奥行き E と通路幅を決め売場の外にでないように陳列棚と通路を交互に $+Z$ 方向へ並べるだけである。通路幅は 2.3.1 項で述べた通り、1.5m 以上で主通路未満の大きさで任意に決めてよい。この通路幅を U とする。

しかし、支柱が存在する場合は単純に並べるだけでは陳列棚と陳列棚の間にある通路に支柱が入ってしまう恐れがあるため支柱の位置を考慮して並べなくてはならない。

売場の手前である z 座標の小さい順に注目して陳列棚の生成をしていく。まず、現在注目すべき z 座標は売場コーナーの手前側の z 座標であり、この z 座標を P とする。なお、 P は現在注目

している z 座標を表すものとして、注目点 P と呼称する。

陳列棚の手前の z 座標が P となるように陳列棚を生成する。しかし、売場の始まり近くに支柱がある場合は P と支柱の z 位置座標 J_z を比べ、 P と J_z の距離が通路幅 U と支柱の半分の幅 $\frac{A}{2}$ の合計より小さい場合は陳列棚を生成せず、3.2 節で売場コーナーの幅を調節したように陳列棚の位置を z 方向に調節する必要がある。支柱の奥側の z 座標 $\frac{A}{2}$ から通路幅 U を加算した値を新たな注目すべき z 座標として P を置き換える。調節した P が陳列棚の手前の z 座標となるように陳列棚を生成することで、支柱から通路幅分離れた陳列棚を生成できる。その後、注目点 P に通路幅分 U を加算する。調整する条件を示した式が (3.12) であり、 P の調節を示した式が (3.13) である。

$$|J' - P| < U + \frac{A}{2} \quad (3.12)$$

$$P = J + \frac{A}{2} + U \quad (3.13)$$

以降の陳列棚は売場コーナー内の支柱が通路にないということから、孤立するのではなく陳列棚の内側にめり込むという考えのもと、注目点 P より奥にある最初の支柱の z 座標を V として、その陳列棚の手前方向にギリギリで陳列棚を生成する場合の最短距離と奥方向にギリギリで陳列棚を生成する場合の最長距離を検出し、その距離の中に陳列棚の奥行き E と通路幅 U が何個分入るかを検出する。最短距離は支柱の奥の z 座標と陳列棚の奥の z 座標が同一なため、手前側に陳列棚がくる場合である。つまり、注目点 P と支柱の奥の z 座標から陳列棚の奥行き分手前側にある z 座標との距離であり、式 (3.14) で求められる。最長距離は支柱の手前の z 座標と陳列棚の手前の z 座標が同一なため、支柱の手前の z 座標より手前に陳列棚がこない場合である。つまり、注目点 P と支柱の手前の z 座標までの距離である。それを示したものが式 (3.15) である。最短

距離と最長距離を図示したものが図 3.7 である。

$$\left| \left(V + \frac{H}{2} - E \right) - P \right| \quad (3.14)$$

$$\left(V - \frac{H}{2} \right) - P \quad (3.15)$$

最長距離と最短距離で陳列棚の奥行き E と通路幅 U の入る数に差が出る場合は、最長距離で陳列棚を生成したほうがより多く陳列棚を置けるため最長距離で等間隔に陳列棚を生成する。

最長距離と最短距離で陳列棚の奥行き E と通路幅 U の入る数に差が出ない場合は、陳列棚の数を増やすことできないが、空間が多く空いていることがわかるため、ランダムで最短距離から最長距離までの距離を作り、その距離を等間隔に陳列棚を生成する。

支柱のめり込んだ陳列棚まで生成を行ったら注目点 P を先ほどと同じように $+U$ にする。

注目点 P より奥に注目売場内の支柱がなくなった場合は支柱の代わりに注目売場の奥である z 座標までで距離を測り同じことを行う。これにより注目売場内の陳列棚の生成ができる。

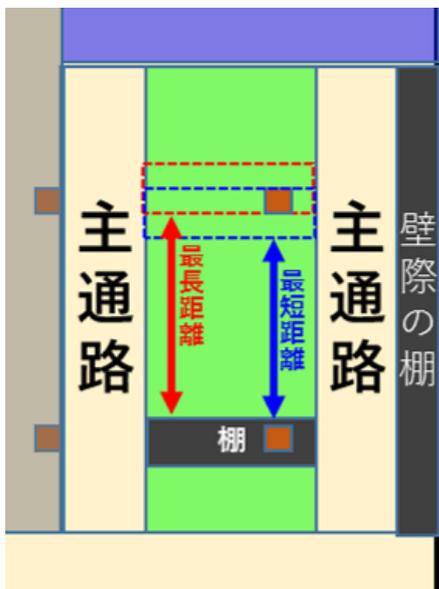


図 3.7 最長距離と最短距離

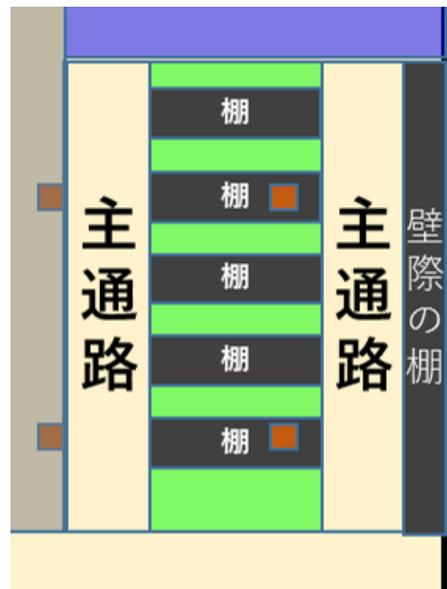


図 3.8 支柱をめり込ませつつ陳列棚を生成した場合

次に鮮魚売場である。鮮魚売場は先述の通り角が存在する。角があるため青果売場と同じ手法

だけでは陳列棚を置くことができない。

まずは、奥の壁際の陳列棚とその手前の主通路だけのエリアとそれ以外のエリアに分ける。鮮魚売場を奥のエリアと手前のエリアが2つのエリアに分けることができる。それを示したものが図 3.9 である。

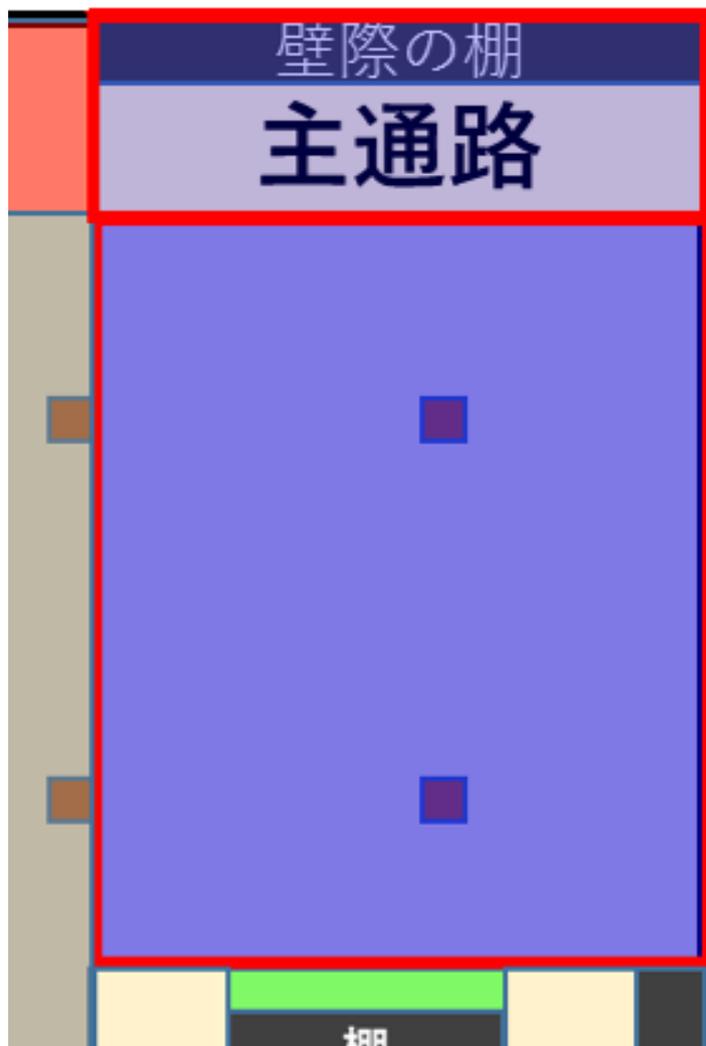


図 3.9 売場を2つのエリアに分けた図

奥側のエリアは奥の壁際に壁際の陳列棚の奥行き F とそのエリア幅の陳列棚を生成し完了である。手前側のエリアは青果売場と同じ手法を用いることで陳列棚を生成することができる。

精肉売場は鮮魚売場の奥側のエリアと同じように壁際に陳列棚を生成する。

乳製品売場では鮮魚売場と同様に2つのエリアに分け、奥のエリアを精肉売場と同じく陳列棚を生成し、手前のエリアは青果売場と z 方向の手前からではなく、奥側から陳列棚を生成していくという違いはあるが、ほぼ同じ手法で陳列棚の生成ができる。

ワンウェイ・コントロールの誘導線順で乳製品売場の後にある日配品売場も乳製品売場の手前側のエリアと同様に青果売場の手法の z 方向を手前ではなく奥から注目していく方法で陳列棚を生成することができる。

最後に中央の日用雑貨や加工品などが置いてある売場コーナーでは青果売場の陳列棚生成方法を z 方向ではなく、 x 方向で注目していくことで陳列棚を生成することができる。

また、この中央の売場の陳列棚では陳列棚の中央あたりに通路を作ることも可能である。

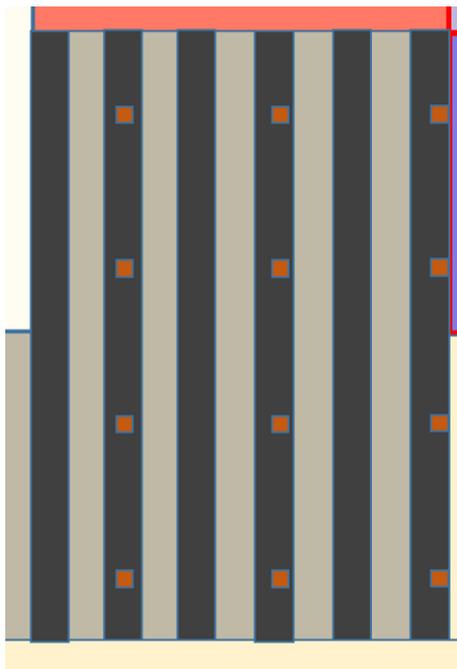


図 3.10 中央に通路を作らない場合

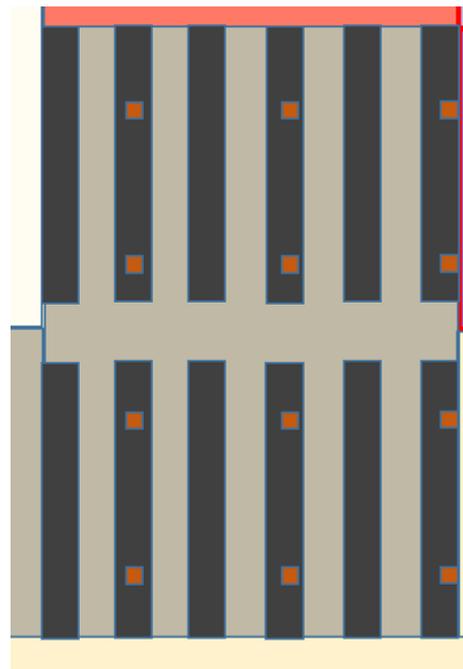


図 3.11 中央に通路を作った場合

図 3.10 と図 3.11 が陳列棚中央に通路を作る場合と作らない場合のイメージ図である。

しかし、2.3.1 で記述したように通路の長さが長いほうが誘導能力が高いため、安易に既にある通路を途中で分け中央に通路を作るべきではないが、フロアが大きい場合は通路が長くなり過ぎ

てしまい顧客にストレスを与えてしまう場合がある。その場合は中央に通路を作ることも重要である。中央に通路を作る場合は支柱にかぶらないように主通路幅 M 程度の幅とり、二つの陳列棚に分けることで中央に通路を作ることができる。

以上の 3.1 節から 3.2 節によって食料品スーパーマーケットの屋内展示形態の自動生成ができる。

本手法を用いた際の完成イメージを示したものが図 3.12 である。

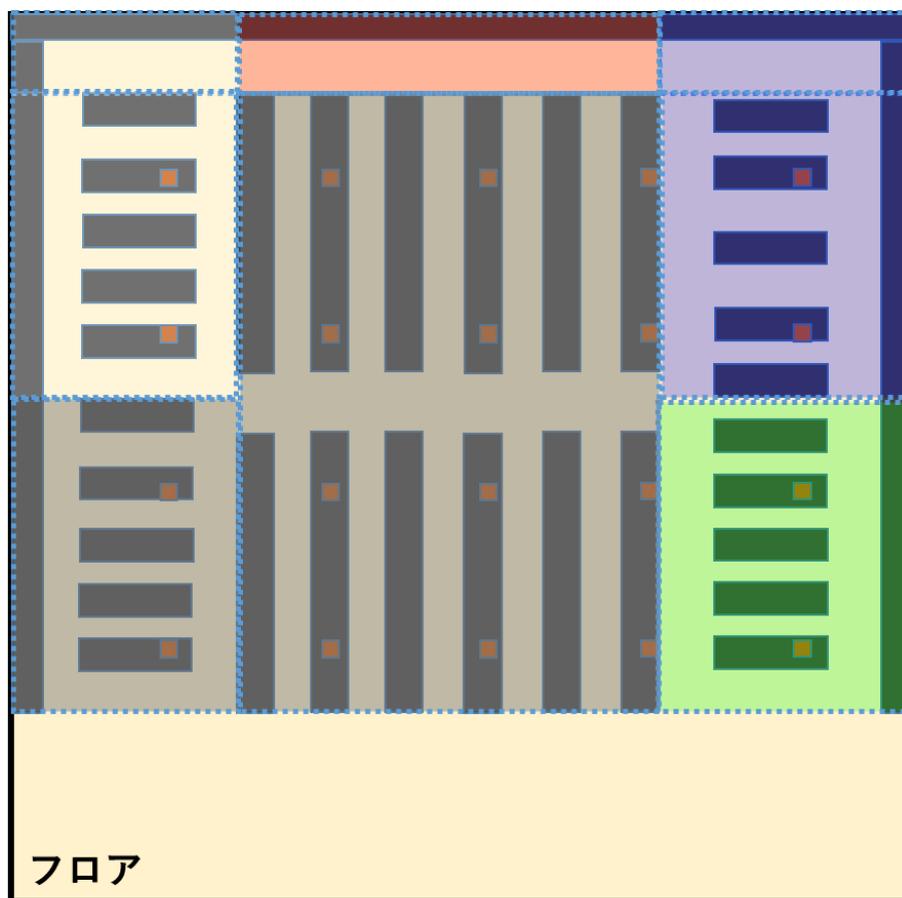


図 3.12 完成イメージ図

第 4 章

評価

本研究の提案手法を用いて食料品スーパーマーケットを自動生成するツールを作成した。本章では作成したツールを用いて自動生成した食料品スーパーマーケットの屋内展示形態を実在する食料品スーパーマーケットに使用されている理論などに照らし合わせ検証を行う。

ツール作成にはゲームエンジンである Unity[15] を使用し、3次元空間中にプリミティブ形状のモデルを配置することで屋内展示形態の生成を行った。

4.1 店舗レイアウトの比較

本節では、自動生成した食料品スーパーマーケットの展示形態を評価するために実際の食料品スーパーマーケットの屋内展示形態と比較し、売場コーナーの大きさの比率や並びを主に比較した。比較の参考にしたものは実際に足を運んだ食料品スーパーマーケットの屋内展示形態や、インターネット上にある実際の食料品スーパーマーケット [16][17][18][19] の店内地図である。下記の図 4.1 と図 4.2 はツールを用いて自動生成した食料品スーパーマーケットである。

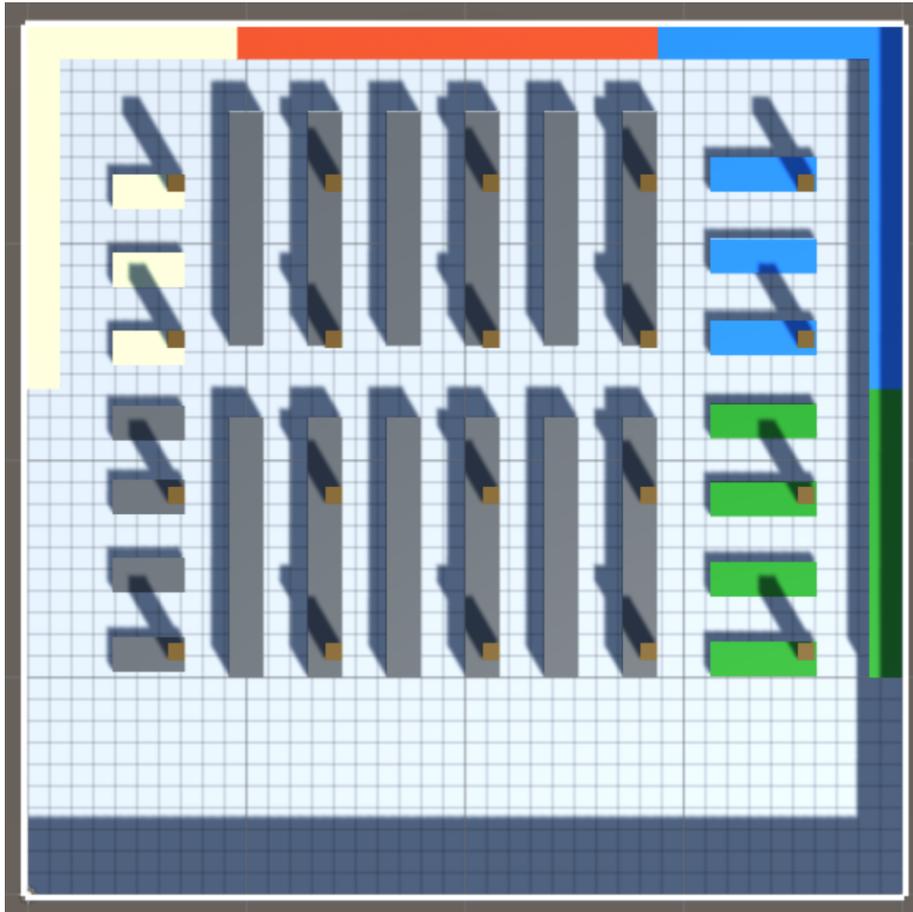


图 4.1 自动生成结果 1



图 4.2 自动生成结果 2

実際の食料品スーパーマーケットは理想とされている長方形に近いが凹凸を含む形状をしている場合も多々あるが、出入口の位置と第1磁石売場の並びから入口を始点とし、出口を終点とする顧客誘導線を出入口のない辺の壁に沿ってぐるりと囲うように作っていると推察できる。そのため、上記の図である本手法を用いて自動生成した結果と類似しているといえる。顧客誘導線上の売場コーナーについても青果売場、鮮魚売場、精肉売場という順番になっていることが多い。しかし、乳製品売場や日配品売場は順番や位置が違う場合が多いこともわかる。実在する食料品スーパーマーケットに比べ、理想的な形を意識しすぎた手法なため実在する食料品スーパーマーケットとの類似度が下がっている。しかし、ワンウェイ・コントロールを基にした売場コーナーの設置順については類似度が高いといえる。

次に、売場コーナーの大きさについてだが、これは青果売場と精肉売場については十分であるが、鮮魚売場については自動生成するうえで範囲を大きくなり過ぎており、乳製品売場と日配品売場については実在する食料品スーパーマーケットにより差が激しいため、類似度が高いとはいえない。俯瞰図から見られる陳列棚の並びは非常に似ているといえる。

これらのことから全体的な形状は実在する食料品スーパーマーケットに近いと推察できる。

4.2 通路と支柱

食料品スーパーマーケットの屋内展示を自動生成するうえで重要視してきた通路と支柱の関係だが、本手法では目的通り通路内に支柱が存在しないように生成することができている。だが、実在する食料品スーパーマーケットでは通路内に支柱が入らないようになっていることが大半であるが例外も存在している。そのため、多少通路内に支柱が存在する場合がある実在の食料品スーパーマーケットと本手法の生成結果で若干の違いが生まれている部分も存在する。しかし、通路内に支柱がある状態は良い状態ではなく、また実際の食料品スーパーマーケットでも最大限通路内に支柱が存在しないようにしているため、本手法による通路内に支柱が存在しない自動生成で

十分な成果を出せていると推察できる。

4.3 考察

以上の結果から、実在する売場コーナーの位置や大きさを考慮した食料品スーパーマーケットの自動生成ができ、支柱を考慮しストレスを与えないような通路を作ることができた。しかし、実際の食料品スーパーマーケットでは理想的な展示形態から少し外れた展示形態となっている部分も多々あるため、本手法で自動生成した食料品スーパーマーケットの屋内展示形態と実際の展示形態との間に多少の違いが生じた。また、陳列棚はプリミティブ形状の直方体だけであり、自動生成できるのは支柱と陳列棚の並びだけであるため、食料品スーパーマーケットの屋内展示形態を全て網羅しているとは言えない状態である。そのため、あえて理想的な形をとらない展示形態や、表現できる陳列棚の種類、店舗レイアウトで売場コーナーの順番などのバリエーションを増やすことでより、様々な食料品スーパーマーケットの屋内展示形態の自動生成ができるようになり、リアリティの高い食料品スーパーマーケットの自動生成ができるようになると推察できる。

更に精度の高い屋内の自動生成が可能になれば様々なコンテンツで屋内のステージなどとして使用でき、コンテンツの幅が広がり、コンテンツの発展に繋がると期待できるだろう。

第 5 章

まとめ

本研究では、食料品スーパーマーケットの特徴を考慮した、食料品スーパーマーケットの屋内展示形態の自動生成を行う手法を提案した。実際の食料品スーパーマーケットで展示形態を決定する際に使用されている理論や法則を考慮し、食料品スーパーマーケットの屋内を自動で生成することにより、様々な屋内展示形態の表現ができた。今後陳列棚の種類や理想的な展示形態から外れた、例外的な食料品スーパーマーケットの屋内を生成するために作りこむことで、より様々なコンテンツで使うことができると考えられる。最後に、食料品スーパーマーケットだけでなくさまざまな屋内を自動生成できるようになることで、様々なコンテンツの幅が広がり、発展することを願って本論文の締めくくりとする。

謝辞

本論文を執筆するにあたり、ご指導をいただいた渡辺先生、三上先生、阿部先生に深く感謝すると共に、研究中に相談に乗っていただいた研究室のメンバー並びに先輩方にも深く感謝いたします。また、研究するうえで何度も足を運ばせて頂いた多くの食料品スーパーマーケット、並びに関係者方に感謝いたします。

参考文献

- [1] ESRI ジャパン株式会社. Esri CityEngine — ESRI ジャパン. <https://www.esrij.com/products/esri-cityengine/>. 参照: 2018.2.14.
- [2] 杉原健一, 林良嗣. 様々な形態の屋根付き 3 次元建物モデルの自動生成. 土木情報利用技術論文集, Vol. 17, pp. 153–160, 2008.
- [3] 大志田憲, 伊藤智也, 榎原健二, 土井章男. 住宅モデルのプロシージャルモデリング法に関する検討. 第 1 回芸術科学会東北支部・研究会論文, Vol. 1, No. 1, pp. 1–4, 2015.
- [4] 長谷川夏美, 中村陽介, 三上浩司, 柿本正憲. 屋根形状を考慮した建物の自動生成に関する研究 (cg・アニメ, 映像表現・芸術科学フォーラム 2016). 映像情報メディア学会技術報告, Vol. 40, No. 11, pp. 241–244, 2016.
- [5] Pascal Müller, Peter Wonka, Simon Haegler, Andreas Ulmer, and Luc Van Gool. Procedural modeling of buildings. *ACM Transactions on Graphics*, Vol. 25, No. 3, pp. 614–623, 2006.
- [6] 春日悠, 白川真一, 長尾智晴. 間取り図面の自動生成に基づくリノベーション支援に関する研究. 情報処理学会第 80 回全国大会, Vol. 2018, No. 1, pp. 499–500, 2018.
- [7] 尾崎宏樹, 長尾確. 写真からの平面抽出とテクスチャマッピングによる屋内 3 次元地図生成の

自動化支援. 情報処理学会第 76 全国大会論文集, Vol. 2014, No. 1, pp. 153–154, 2014.

- [8] 落合宏一. 駅の特徴を考慮した鉄道駅形状の自動生成に関する研究. 学部卒業論文, 東京工科大学メディア学部ゲームサイエンスプロジェクト, 2016.
- [9] 佐藤稔, 加藤悦子, 松田芳雄. 食品スーパーにおける FSP 分析の研究. UNISYS 技報, Vol. 25, No. 3, pp. 330–338, 2005.
- [10] 藤野俊樹, 北澤正樹, 山田隆志, 高橋雅和, 山本学, 吉川厚, 寺野隆雄. スーパーマーケットで客はどう動く?-顧客動線分析とエージェントシミュレーションからわかること-. 計測自動制御学会, 第 5 回社会システム部会研究会資料, pp. 57–68, 2014.
- [11] 経済産業省. riyou-gyou.pdf. <http://www.meti.go.jp/statistics/tyo/syogyo/result-2/h16/pdf/niji/riyou-gyou.pdf>. 参照: 2018.7.8.
- [12] 経済産業省. 指数でみた卸売業の動き. <http://www.meti.go.jp/statistics/tyo/syogyo/dms/2005/pdf/ws2-3h.pdf>. 参照: 2018.7.8.
- [13] 渥美俊一. 店舗レイアウト. 実務教育出版, 2006.
- [14] (有) 一級建築士事務所カジャグー. 店舗レイアウトの基本_店舗デザインにおける売上げアップのレイアウト理論. <http://kajagogo.com/layout.html>. 参照: 2018.2.14.
- [15] Unity Technologies Japan. Unity. <https://unity3d.com/jp>. 参照: 2018.7.19.
- [16] 流通ニュース. イズミヤ/大阪市に H2O の「企業主導型保育施設」併設店舗 (2018.01.22) | 流通ニュース. <https://www.ryutsuu.biz/store/k012243.html>. 参照: 2018.8.8.
- [17] 流通ニュース. ライフ/「相模原駅ビル店」を改装、カウンターコーヒー導入 (2017.09.22) | 流通ニュース. <https://www.ryutsuu.biz/store/j092224.html>. 参照: 2018.8.8.
- [18] 流通ニュース. サミット/出店攻勢開始、都心型モデル店「江原町店」出店 (2018.02.07) | 流通ニュース. <https://www.ryutsuu.biz/report/k020740.html>. 参照: 2018.8.8.
- [19] 流通ニュース. イオンマーケット/5年8か月ぶりの出店、団地再生で柏市に「豊四季台店」

(2017.12.02) | 流通ニュース. <https://www.ryutsuu.biz/report/j120140.html>. 参照:

2018.8.8.