

# コンビニエンスストア向け食製品の受注量予測

14ss016 市橋舞美

14ss032 加藤優貴

指導教員：三浦英俊

## 1 はじめに

本研究はコンビニエンスストア向けに弁当を製造する A 社との共同研究である。A 社は主として S 県、Y 県のコンビニエンスストアに食用製品を納入している。

A 社は昭和 39 年に設立され、従業員数 1700 名の会社である。本社は N 県の M 市にあり、合計 6 個の工場を S 県、Y 県、N 県に持っている。

A 社の扱う製品は全て IY, SMS, パック, 弁当, 直巻, 手巻, チルド, 予約, 御飯, 寿司の 10 個のカテゴリーに分類化されている。また A 社ではコンビニエンスストアへの製品の配送を 1 便, 2 便, 3 便の 3 度に分けて行っている。

## 2 研究の目的

A 社は食品を製造するにあたり事前に生産数を予測している。しかし、その予測が不正確で難しいのが現状である。そこで、本研究では予測をより正確にできるようにすることを最終目標としている。

1 日の配送の内、2 便、3 便はおおよそその生産量の事前通知があるため、ある程度予測はしやすい。しかし、1 便は事前通知が来ないため、予測がとても難しい問題となっている。ここで私たちは研究を 1 便に絞り、分析を進めていく。

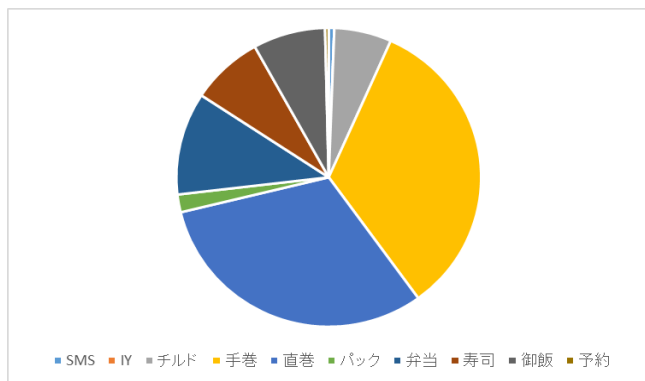


図 1 カテゴリー別ランキング

図 1 から読み取れるように、上位 3 つのカテゴリーの手巻, 直巻, 弁当である。

手巻とは、辛子明太子などのように三角形のパリパリ海苔のおにぎりを表している。直巻とは、チャーハンおむすびやわかめごはんおむすびのように最初から袋に詰められているおにぎりを表している。

予測をしていくにあたり「重回帰分析」という手法を利用する。重回帰分析とは、1 つの被説明変数について複数の説明変数から予測や説明を行うときに用いる分析であ

る。適切な変数を複数選択し組み合わせることで t 値や決定係数の精度を上げ、誤差を減らすことで精度の高い予測値を作ることを目指す。分析は月曜日から日曜日まで各曜日に分けて行い、結果の信頼度を現す決定係数の目標数値は 0.8 と設定した。それに伴い、過去のデータからは納入数に影響を与える可能性のある要因（イベントの有無、天候、商品のリニューアルなど）を検討し、予測に生かせる要素を発見することに注力した。

## 3 日にちの相関

ある日にちを第  $n$  日とする。重回帰分析において、他のどの日にちの納品数が説明変数として使えるかを検討する。まず、第  $n$  日の前週 1 週間の内、前日から 6 日前までの納品数による相関を調べた。次に 1 週間前の納品数と、一年前の同じ曜日の納品数について、どの日にちが一番相関が高いのかを調べた。その相関係数を以下に示す。

表 1 相関係数

日にち	相関係数
$n-1$	0.7758
$n-2$	0.5823
$n-3$	0.4373
$n-4$	0.3641
$n-5$	0.3673
$n-6$	0.4218
$n-7$	0.4975
$n-365$	0.2980

表 1 の結果、1 週間前の同曜日よりも前日との相関係数が高いということがわかる。よって前日の第  $n-1$  日と 1 週間前の第  $n-7$  日、一年前の第  $n-365$  日を説明変数に加えるのが良いのではないかと考えた。

$a_1$  : 前日の納品数

$a_2$  : 一週間前の納品数

$a_3$  : 一年前の納品数

の三つの説明変数を用いて、A 社の定番商品「幕の内弁当」の 2016 年 1 月 1 日から 12 月 31 日までの 1 年間のデータを用いて重回帰分析を行った。

表2 幕の内弁当 重回帰分析

	決定係数	切片 <sub>a0</sub>	前日 <sub>a1</sub>	1週間前 <sub>a2</sub>	1年前と同じ曜日 <sub>a3</sub>	
月	0.843	109.4307	0.6549 **	0.2584		-0.0026
火	0.411	524.7243	0.6924 **	-0.0467		0.0802
水	0.931	-521.9641	0.9757 **	0.0585		0.2355 **
木	0.853	185.5484	0.9204 **	0.0517		-0.049
金	0.715	-197.9929	0.8365 **	0.1856 *		0.1072
土	0.745	496.6191	0.9264 **	0.0709		-0.1028
日	0.628	-515.3728	0.5378 **	0.3962 **		0.2601

その結果がこの表である。この表から、前日の納品数は1番大きな影響を与えているということがわかる。そして火曜日の決定係数がとても低い。A社では毎週火曜日に新商品が出るため、決定係数が低いと考えられる。

#### 4 外的要因の検討

重回帰分析の精度を上げるためには参考となる要因を増やす必要がある。ここでは弁当カテゴリーの2016年1月1日から12月31日までのデータを使用している。

##### (1) イベント

A社ではおにぎりセールやお弁当セールなどのイベントが多く開催されている。そこで私たちはそれらのイベントが納品数に影響を与えているであろうと考えた。イベントが行われている日を1とし、行われていない日を0とするイベントダミーを目的変数に加えることとした。

表3 イベントダミーを説明変数に加えた重回帰分析

	決定係数	切片	前日 <sub>a1</sub>	1週間前 <sub>a2</sub>	1年前と同じ曜日 <sub>a3</sub>	イベント
月	0.885	-1287.4285	0.8355 **	0.0010	0.1789 **	1082.4908 *
火	0.259	5118.123309	0.592162	0.01000877	0.069514527	-329.5717
水	0.975	397.4203	0.8288 **	0.0619 **	0.0551	0.0000 **
木	0.965	687.2782	0.9054 **	0.0925 **	-0.0679 *	0.0000
金	0.964	-60.3979	0.9345 **	0.0525	0.0349	4283.6208 **
土	0.858	590.8348	1.0429 **	0.0230	-0.0065	-245.4406
日	0.919	460.0609	0.7895 **	0.0195	0.0760	1395.6616 **

イベントダミーのP値の水準を表している\*の数を見ると、火曜日以外のすべて曜日が1%水準で有意であり、重回帰分析において影響を与えているということがわかる。また決定係数も上昇しているため、イベントが関与している商品のカテゴリーではこのダミー変数を用いることとした。

次に私たちは天気が納品数に影響を与えているののではないかと考えた。

##### (2) 降水量, 日照時間

幕の内弁当の2016年1年間分の納品数をもとに、降水があるときと、ない時の平均の納品数をまとめ比較した。定番人気商品の「幕の内弁当」の納品数に限定して考察した。データは気象庁の静岡県静岡市のデータを使用し、降水量が0.5mmを超える時を降水量ありとする。

表4 降水量

曜日	月	火	水	木	金	土	日
平均	2188	2111	2155	2177	2257	2481	2323
降水量ありの平均	2147	2190	2135	2199	2291	2346	2271
差	41	-79	20	-23	-34	135	52

差の値を見ると、土曜日、日曜日が比較的大きくなっている。これは週末の納品数に対して降水が納品数に影響を大きく及ぼしていると考えられる。

そこで雨が降った日を1とし、降らなかった日を0とした天気ダミー変数を目的変数に加えるのがよいのではないかと考えた。そして降水量と同じように天気の良さ悪さは日照時間という視点でも考えることができる。そこで日照時間も説明変数に加えることとした。

##### (3) 気温差

2016年の第n日の納品数、気温を2016年1年間分の平均と比較する。縦軸が第n日の納品数と平均納品数との差を示し、横軸が第n日の気温と平均気温との差を示すものを作成した。この散布図を用いて、気温が納品数に与える影響を考察した。平均気温との差の散布図からは、プロットされた点がおおむね中心に集中していることから、平均気温との差は納品数にあまり影響を与えないと考えられる。

次に前日との気温差とを比較した。縦軸が第n日の納品数と平均納品数との差を示し、横軸は第n日の気温と前日との気温差を示している散布図を作成した。その散布図を以下に示す。

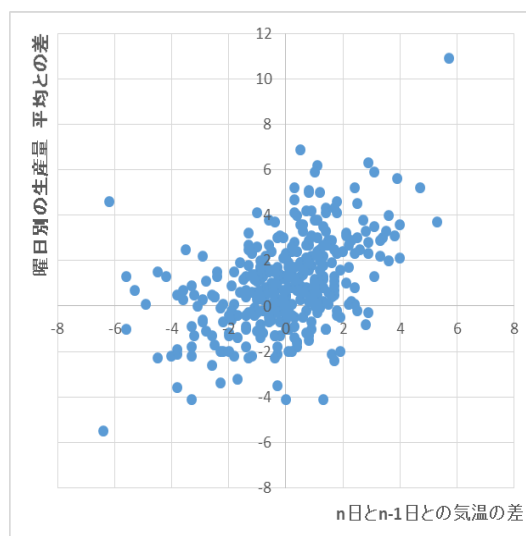


図2 気温

散布図からは、プロットされた点の集まりに正の相関が確認できる。したがって、前日より気温が上がると生産量は増加し、逆に気温が前日より下がると生産量は減少することがわかる。

したがって平均気温との差は納品数に影響を与えていないのに対し、前日との気温差は影響を与えている。

##### (4) 新商品

A社では毎週火曜日に一定数の新商品の納入が始まる。また既存の商品が改良され、リニューアルし新しく売り出される。火曜日においては、それにより納品数に変化が起

き、予測が困難になっていると考えられる。また新商品の納品が開始されると同時に既存の商品で納入を削減していくことがある。ここでは納品を完全にストップしてしまうことを「カット」と呼ぶ。

このことから、火曜日に限定して新たな説明変数が必要であると考えた。そこで私たち以下の3つを説明変数に加えることとした。

1. 1週間のうちに出た新商品の種類数
2. 2週間のうちに出た新商品の種類数
3. 1週間のうちにカットになった種類数

## 5 重回帰分析

私たちの最終目標は1便に限定した分析である。したがって4で述べた要因を説明変数とし、2016年1月1日から12月31日までの1年分の1便に限定したお弁当カテゴリーのデータを目的関数として重回帰分析を用いて分析を行った。以下のように重回帰式の係数の記号を定める。

- $a_1$  : 前日の納品数
- $a_2$  : 1週間前の納品数
- $a_3$  : 1年前の同じ曜日の納品数
- $a_4$  : 日照時間
- $a_5$  : イベントダミー
- $a_6$  : 天気ダミー
- $a_7$  : 前日との気温差
- $a_8$  : 新商品カウント数 (1週間前)
- $a_9$  : 新商品カウント数 (2週間前)
- $a_{10}$  : 新商品カット数

重回帰分析を行うにあたり、重決定係数の目標数値を「0.8」と定める。

表5 重回帰分析結果

	決定係数	切片	前日 $a_1$	1週間前 $a_2$	1年前 $a_3$	日照時間 $a_4$	イベント	天気	気温差	新商品カウント数(1週間前)	新商品カウント数(2週間前)	新商品カット数
月	0.6916	-303.153	0.842	-0.050	0.210	12.520	227.450	-249.204	1.0811			
火	0.3910	2016.5581	0.322	0.021	0.019	46.086	366.824	265.782	-0.6775	309.793	71.714	183.619
水	0.9582	166.734	0.733	0.127	0.071	-71.223	849.131	-591.132	-0.2893			
木	0.9417	410.889	0.866	0.084	-0.053	9.978	40.566	-106.360	5.967			
金	0.9083	-235.481	0.811	0.130	0.104	5.887	520.335	169.137	-20.511			
土	0.6789	-583.179	1.021	0.084	0.136	-17.907	69.493	-151.308	4.782			
日	0.9410	307.293	0.788	0.021	0.032	-2.745	286.755	-82.853	-32.511			

決定係数をみると、火曜日以外は0.8以上である。そして前日の納品数、そしてイベントダミーが納品数に影響を与えていることがわかる。しかし、火曜日をみると決定係数は0.3であり、とても低いことがわかる。

## 6 火曜日

火曜日の重回帰による予測は、決定係数が0.3程度であり、いくつかの試みにもかかわらずなかなか決定係数を高めることができない難しい問題である。考えられる要因として、火曜日に一定数納入されている新商品である。そこ

で新商品について新しい視点で考えるため、まず新商品の推移を分析した。

### (1) 新商品の推移グラフ

新商品が販売されている期間、納品数はどのように変化しているかを分析した。ここでは2016年にでたお弁当の新商品すべてのデータを使用している。例としてロースカツカレーと、にんにく醤油仕立ての鶏竜田弁当の推移を表したグラフを以下に示す。



図3 ロースカツカレー

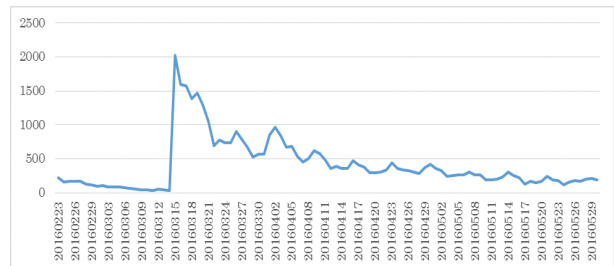


図4 にんにく醤油仕立ての鶏竜田弁当

商品がリニューアルされたときを赤い線で表している。2商品ともリニューアルされたときに納品数がジャンプをしていることがわかる。食製品の種類による違いは多少生じるが、リニューアルは納品数に影響を与える可能性が大いにあることがわかった。

### (2) 店舗当たりの納品数と単価

A社のF工場では、S、Yの2エリアで食製品を販売している。そして商品によって、販売されているエリアが異なる。そこで2016年にでた弁当の新商品について、リニューアル直後の最大納品数を、販売されている地域の店舗数で割り、1店舗当たりの納品数を算出した。

表 6 1店舗当たりの納品数

商品コード	商品名	価格	1店舗あたりの納品数
10041749	にんにく醤油仕立ての鶏竜田弁当	301.98	2.86
10040897	豚ロースのソースかつ弁当	323.26	2.20
10043741	ピリ辛チキン&鶏そぼろ弁当	300.3	2.50
10044260	銀座デリー監修ドライカレー&チキン	303.42	2.34
10043298	デミグラスソースのチキンカツ弁当	259.82	2.40
10040330	デミグラスソースのチキンカツ弁当	259.19	2.47
10040408	ミックスプレート	329	1.90
10046409	ミックスプレート	338.51	2.20
10041549	アジ・イカ・チキンのフライ弁当	304.33	0.43
10041775	豚ロースのたれかつ弁当	335.56	2.75
10045694	のりタルイカフライ弁当	241.36	2.76
10040293	チャーハン&油淋鶏	301.1	2.49
10040532	ヒレかつ&ロースかつ弁当	365.07	2.40
10040609	期間限定！ひれかつ&海老フライ弁当	408.33	1.74
10040653	カレー&豚焼肉のW盛り弁当	321.44	2.74
10040926	旨辛豚キムチ丼	301.61	2.40
10041792	海苔弁当【山梨東D065店テト】	243.22	0.87
10042459	グリルチキン&オニオンソースハンバーグ弁当	302.67	2.07
10042770	ひれかつ御膳	437.5	1.29
10040779	チンジャオロース丼	293.55	2.46
10043599	中華弁当(チンジャオロース)	308.92	2.28
10045071	長崎名物！トルコライス	351.76	2.24
10044068	チキンカツ弁当	256.87	2.31
10040393	味噌ダレで食べる！豚生姜焼き弁当	303.41	2.82
10043005	さば竜田揚げ野菜あんかけ弁当	304.33	1.09

例外の商品を赤色で示している。表から1店舗当たりの納品数は例外の商品を除き、全体として約 2.4 前後となった。そして1店舗当たりの納品数と納入価格をS県、Y県に分けて散布図を用いて比較した。

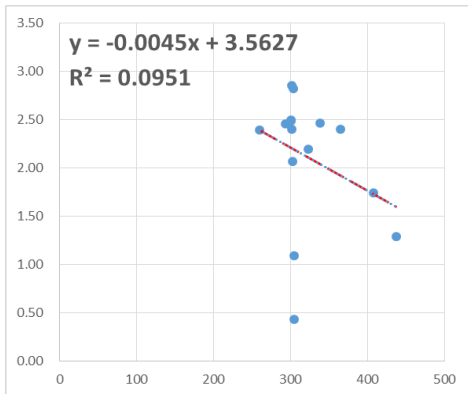


図 5 店舗数と価格の散布図 S県

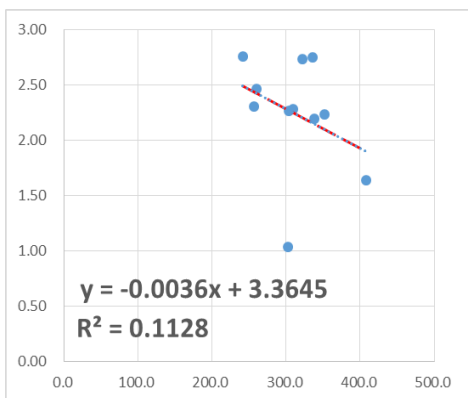


図 6 店舗数と価格の散布図 Y県

2つの散布図から負の相関が確認できる。したがって価格が低いと納品数は増加し、価格が高いと納品数は減少することが分かる。以上の結果より店舗数、商品の単価は納品数に影響していることが確認できる。

そこで説明変数として

$a_1$  : 店舗数  $a_2$  : 商品の単価

の二つを説明変数として、新商品のみで重回帰分析を行った。

表 7 火曜日の新商品のみの重回帰分析

回帰統計									
重相関 R	0.800634								
重決定 R2	0.641014								
補正 R2	0.6134								
標準誤差	427.3348								
観測数	29								
	係数	標準誤差	t	P-値	下限 95%	上限 95%	下限 95.0%	上限 95.0%	
切片	475.1897	439.7665	1.08055	0.289819	-428.763	1379.143	-428.763	1379.143	
店舗数	2.034575	0.29864	6.790064	3.31E-07	**	1.418656	2.650494	1.418656	2.650494
価格	-1.24098	1.288125	-0.9634	0.344224		-3.88875	1.406802	-3.88875	1.406802

決定係数は 0.64 となった。そして結果から店舗数がとくに納品数に影響を与えていることがわかる。

表 8 火曜日の既存の商品のみの重回帰分析

回帰統計								
重相関 R	0.856913							
重決定 R2	0.7343							
補正 R2	0.675975							
標準誤差	1568.567							
観測数	51							
	係数	標準誤差	t	P-値	下限 95%	上限 95%	下限 95.0%	上限 95.0%
切片	-1530.07	1622.55	-0.943	0.351204	-4806.87	1746.739	-4806.87	1746.739
n-1	1.136065	0.1365	8.322796	2.4E-10	0.860397	1.411733	0.860397	1.411733
n-7	-0.1666	0.095015	-1.75338	0.08701	-0.35849	0.025289	-0.35849	0.025289
日照時間	-42.8367	80.02014	-0.53532	0.595318	-204.441	118.7673	-204.441	118.7673
イベントダ	-988.25	1497.986	-0.65972	0.513123	-4013.49	2036.994	-4013.49	2036.994
天気ダミ	394.2607	599.2822	0.657888	0.514287	-816.014	1604.536	-816.014	1604.536
気温差	164.3108	144.7734	1.134952	0.262997	-128.065	456.6965	-128.065	456.6965
新商品	-39.3005	237.606	-0.1654	0.86944	-519.156	440.5544	-519.156	440.5544
2週間前	50.83385	236.2596	0.215161	0.830709	-426.302	527.9698	-426.302	527.9698
カット	308.0652	231.7285	1.329423	0.191059	-159.92	776.0504	-159.92	776.0504

また、新商品を除く既存の商品のみで、これらを説明変数とし、重回帰分析をしたところ、決定係数が 0.73 となった。したがって火曜日については新商品、既存の商品の2つに分けて分析を進めていくのが良いのではないかと考える。

## 7 おわりに

回帰分析により火曜日は新商品のみで 0.64、既存の商品のみで 0.73、そしてそのほかの曜日については目標であった 0.8 以上まで決定係数を上げることができた。しかし今後の課題として、やはり新商品が納入される火曜日の予測をもっと改善し精度を上げていく必要がある。そこで火曜日については新商品、既存の商品の2つに分けて分析をさらに進めていくことが良いと考える。また販売されているエリアに分けて、各エリアごとの分析も必要であることが考えられる。

## 参考文献

- [1] 西川晃平, 佐藤諒明, 高木康平: 『商圏特徴から見た最適な売場構成の研究』。2013 年度南山大学情報理工学部卒業論文, 2014。