

食品加工工程における余剰在庫削減を目的とした 生産計画立案システムの構築

十 文 字 豊[†] 笹 原 基 介[‡] 竹 野 健 夫[‡]
堀 川 三 好[‡] 菅 原 光 政[‡]

[†]岩手県立大学大学院ソフトウェア情報学研究科 [‡]岩手県立大学ソフトウェア情報学部

食品加工工程では、工程特性として前工程に分解工程、後工程に組立工程を持つ複合型工程が多く見られる。同工程では、分解工程において家畜等の原料を精肉等の原材料へと分解し、組立工程において原材料と補助材料を用いて加工食品を生産している。その工程特性として、工程間に発生する余剰在庫がある。これは廃棄の対象とされるため、製品原価の高騰を招いている。本研究では、従来型の資材所要量計画 (MRP) と逆展開 MRP を拡張し、余剰在庫を削減する生産管理システムを構築した。本稿では、実装システムの動作確認と逆展開 MRP の実行結果から得られる追加受注品目を販売計画へ反映させるための指標の提案を行い、その有効性を検証する。

Development of the Production Planning System to reducing surplus stock on the food processing process

Yutaka JUMONJI[†], Motoyuki SASAHARA[‡], Takeo TAKENO[‡],
Mitsuyoshi HORIKAWA[‡] and Mitsumasa SUGAWARA[‡]

[†]Graduate School of Software and Information Science Studies, Iwate Prefectural University,

[‡]Software and Information Science, Iwate Prefectural University

By the food processing process consisting of a resolution process and an assembling process, it is easy to produce surplus stock between processes. In the food industry to sell freshness product to, we often see that a product cost price rises because of the surplus stock disposed of. In this study, we expand the MRP in Implosion MRP and build a production control system to reducing surplus stock. By this report, we check the operation of the system which we used the data of the cooperation company for and inspect the effectiveness.

1. はじめに

食品加工工程では、工程特性として前工程に分解工程、後工程に組立工程を持つ複合型工程が多く見られる (図 1)。食肉を扱う企業を例に挙げれば、まず原料となる牛、豚、鶏等の家畜を屠殺し、各部位ごとに解体してムネ、モモ、ヒレ等の原材料を取り出す分解工程を経る。その後、解体された原材料と調味料等の補助材料を用いた組立工程を経て製品となる。このような工程特性の場合、組立工程においては顧客からの注文に応じた生産計画を立案し、分解工程においては組立工程への原材料供給を適切に行うことが重要な管理ポイントとなる。しかし、同一原材料から複数の製品を製造するため、組立工程から要求される原材料の所要量は各製品

ごとに異なり、その必要量に合わせて原材料を調達した場合、分解工程において生産計画対象外の原材料が生じる(以下、余剰在庫と呼ぶ)。これは、鮮度管理等の問題から冷蔵保存または廃棄されるため、原価高騰の原因になる。以上から、余剰在庫の発生を抑える生産計画立案方法が必要とされている。

食品加工工程で用いられる主な生産管理方式として製番管理が挙げられる。これは、その管理特性上中間部品ごとのロットまとめが行えないため、見込み生産を行う食品加工工程には適用しにくい。ロットまとめが可能な生産管理方式には MRP (資材所要量計画) ¹⁾がある。しかしながら、一般的な組立工程で用いられる MRP では、分解工程を持つ食品加工工程における原材料調達量の決定を行うのは難しい。これより、

余剰在庫の発生を防ぎながら、品切れを抑える新しい生産計画立案方法が求められている。

以上の問題を解決するため、本研究では以下の機能を持つ生産計画立案システムを構築し、食品加工業務を支援することを目的としている。

- (1) 余剰在庫を削減するため、余剰在庫を使用して生産可能な製品の一覧を追加受注可能品目として表示する。
- (2) 分解工程を持つ食品加工工程における適切な原料調達を行うため、生産計画立案時に引き当て原材料と余剰在庫を明らかにする。
- (3) 余剰在庫を削減し、かつ品切れも抑制するため、生産計画立案時に予測される余剰在庫を使用して提供可能な製品の一覧を表示し、販売計画立案支援を行う。
- (4) (3)に関連し、販売担当の意思決定を支援する指標として提示する。

菊池ら²⁾は、水産加工業を対象に、余剰在庫の有効活用を主目的とした生産計画立案支援システムを提案した。このシステムでは、発生済みの余剰在庫を対象に、逆展開MRPという原材料から製造される製品を算出する仕組みを適用した。堀川ら³⁾は、製造業における意思決定支援システムの研究の一環として、菊池らの提案した生産計画立案支援システムを構築した。これらの研究により、(1)の機能を実現した。十文字ら⁴⁾は、食品加工業に対応させるためにMRPの対象範囲を分解工程まで広げ、さらに製番管理方式を取り入れた生産管理システムを提案した。これにより、原料と製品の結び付きを可能とし(2)の機能を実現した。

これらの研究をうけ、本稿では、(3)、(4)の機能を実現するため、逆展開MRPを生産計画立案の一連のフローに組み込むことで、生産計画時に余剰在庫の削減を図るシステムを構築する。同時に、在庫数量や過去の販売実績における品目間の相関係数等の指標に基づいた追加受注可能品目を提示し、追加受注業務を支援する機能の実装と、実データを用いた検証を行う。以下、2章では対象となる食品加工業の業務フローを

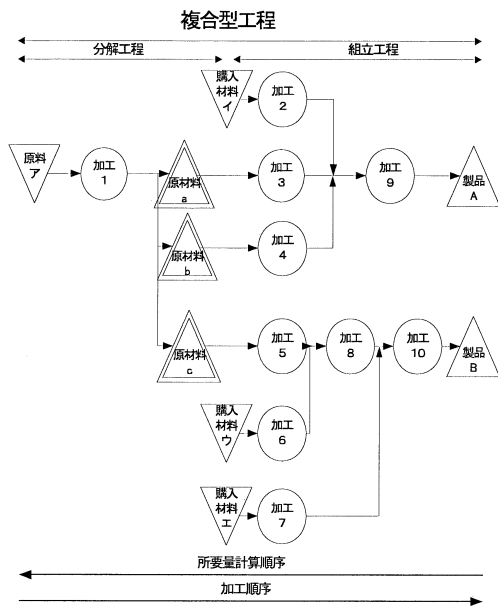


図1 複合型工程
Fig.1 The compound model process.

示し、3章で本研究で提案するシステムの概要、4章でシステムの動作結果を報告する。最後に5章で本研究での結論と今後の予定について述べる。

2. 食品加工業の現状業務

複合型工程を持つ食品加工業の例として、食肉加工業A社における現状の業務フローを図1、図2に示す。(1)～(7)に主な作業の詳細を記す。

- (1) 販売予測
製品別に月間の販売総数を予測する。原料解体工場の精肉の販売予測と併せて、加工品（食品加工工場）の販売予測を行う。
- (2) 生産計画の立案（原材料解体工場）
精肉の販売予測を基に生産計画を立案する。余剰在庫は食品加工工場での使用を想定する。
- (3) 販売計画の立案（食品加工工場）
製品別に月間の販売総数を予測する。原料解体工場の精肉の販売予測と併せ、加工品（食品加工工場）の販売予測を行っている。

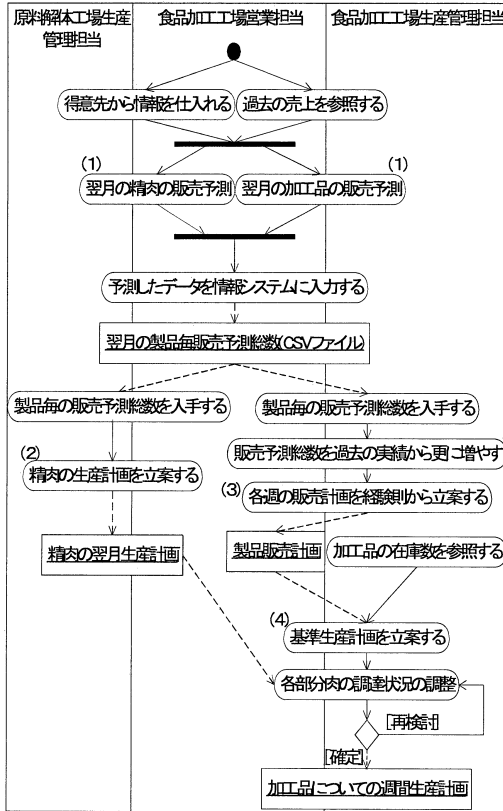


図2 現状業務フロー（販売予測から生産計画立案）
Fig.2 Current business process (From the demand forecast process to the plan drafting process) .

- (4) 生産計画の立案（食品加工工場）
販売計画と在庫量を参考にしながら、生産計画の立案を行う。販売数量は実際の受注によって大きく変化するため、2週間先までの生産計画を毎週立案している。
- (5) 原材料の調達
週間生産計画を基に、原材料解体工場から調達可能かを調整した上で調達を行う。
- (6) 補助材の購入
週間生産計画及び補助材の在庫量から必要分を算出して購入する。
- (7) 製品製造
週間生産計画に基づき製造する。担当者が作業実績をPCへ入力することにより、在庫数量に反映される。

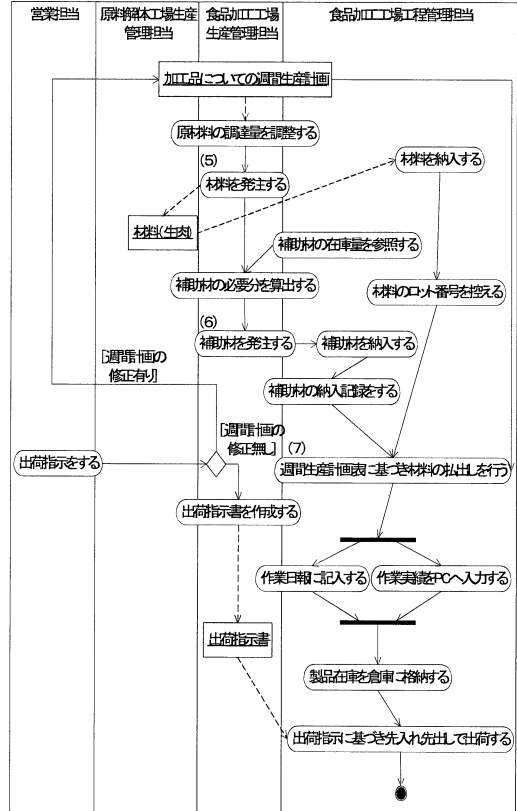


図3 現状業務フロー（材料調達から出荷）
Fig.3 Current business process (From materials supply process to a shipment process) .

3. 提案生産計画立案システム

複合型工程を持つ食品加工業務を支援する生産計画立案システムを提案する。システムの主な機能を図4に、システム導入後の業務フローを図6に示す。本システムでは、MRP、逆展開MRP、追加受注可能品目提案の各機能を持つ。MRP展開結果から逆展開MRP処理、追加受注可能品目提案処理を行うことで、余剰在庫を販売計画へと反映させる仕組みを構築した。MRPシステムは十文字⁴⁾が提案したものを採用し、品目マスタファイル、部品構成情報ファイル、販売実績ファイル、余剰在庫ファイルの各データベースは共用する。

3.1 システムの機能

図4は提案する生産計画立案システムの主な

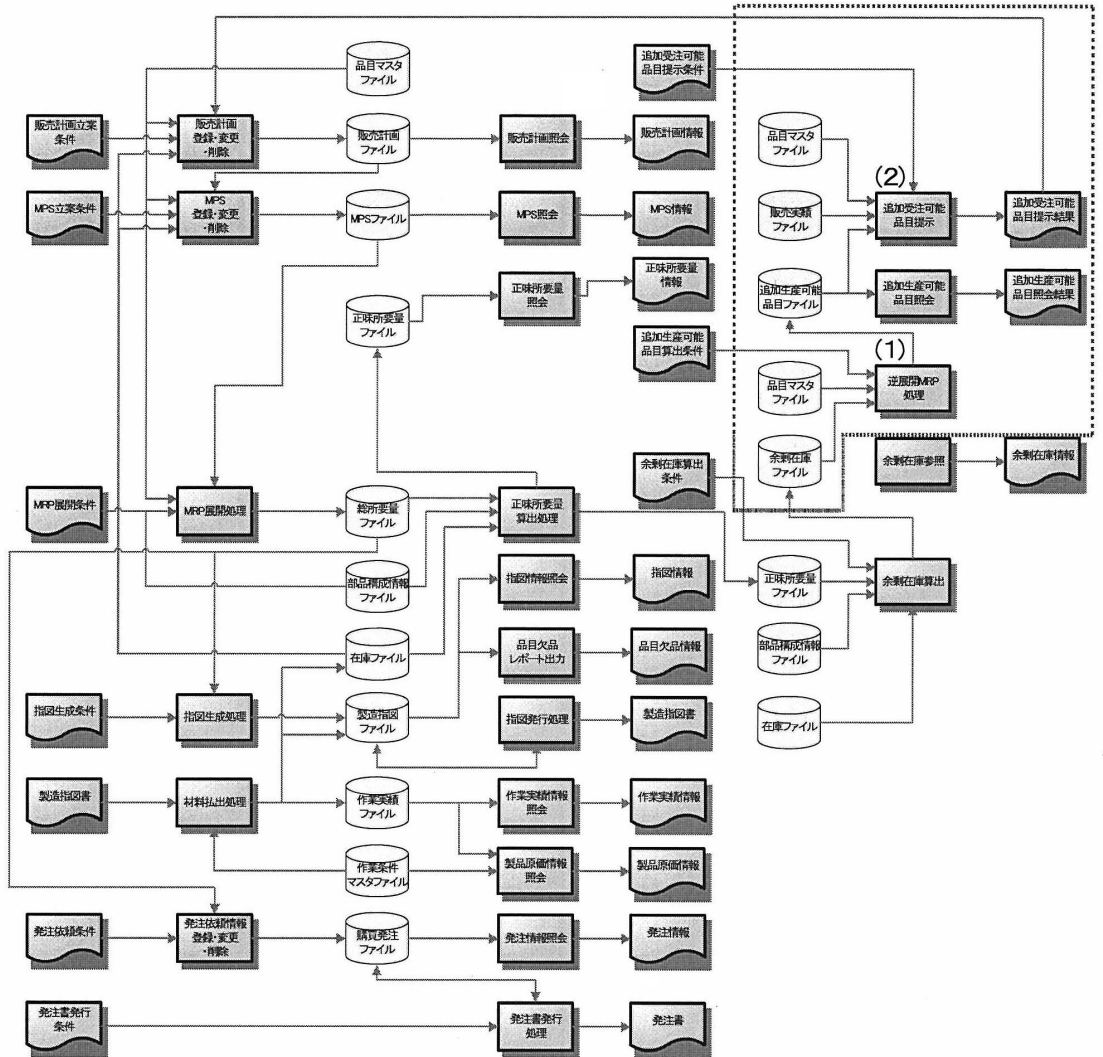


図4 生産計画立案システムの主な機能
Fig.4 Main function flow of Production Planning System.

機能である。この図は、販売計画の立案から資材の発注指示、各工程への作業指示を行うまでの一連の情報の流れを表している。点線で囲まれる部分は、今回新たに実装を行った機能である。それぞれの処理について説明する。

3.1.1 逆展開MRP処理

部品構成表を用いて原材料から製造され得る製品を算出する。図5にそのフローチャートを示す。手順では、まず、在庫状況から余剰在庫を求める。次に部品構成表を参照し、各原材料か

ら作られる品目の生産可能量を算出する。そして、これらの処理を、対象期間中の独立需要品目の生産可能量を全てもとめるまで繰り返す。提案する逆展開MRPは、前提として”余剰在庫”を対象とすることから、2.2節で述べたような工程特性を持つ複合型工程に対して有効な方法論といえる。なお、余剰在庫算出処理は、MRPシステムで実装済みの機能であるため、今回実装した範囲からは除いた。

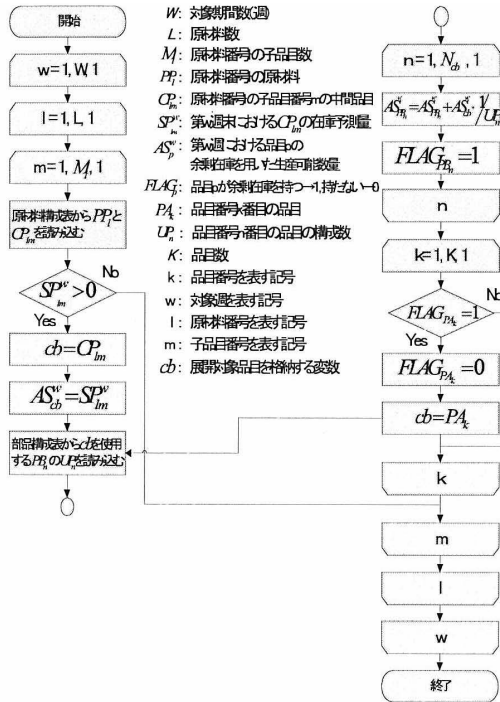


図5 逆展開MRP
Fig.5 Implosion MRP logic flow.

3.1.2 追加受注可能品目提案

1つの原材料を使用する製品の種類は多岐に渡り、逆展開MRPを行っただけでは販売計画への反映が難しい。そこで、以下のような指標を用いて追加受注可能品目の並べ替えを可能とする事で、販売担当の受注業務を支援する。

(1) 販売単価

販売単価は製品毎の標準価格を示す。追加受注した際、販売数量に対し総売上高が大きくなるため、総売上高の原価率が下がる。これにより、原価高騰の抑制を目的とする。販売単価のデータは品目マスタファイル内の情報を用い、降順に表示する。

(2) 追加受注可能数量

追加受注可能品目はMRP実行後に発生する余剰在庫から算出される。数量の多いものを消費することで、より多く余っている品目の余剰在庫削減を目的とする。ここでは逆展開MRP展開結果ファイル内の情報を用い、降順に表示する。

(3) 手持在庫数量

追加受注可能品目の手持在庫の数量が多いものを優先的に消費し、余剰在庫の廃棄による原価高騰を抑制することを目的とする。在庫数量は在庫ファイル内の情報を用い、降順に表示する。

(4) 利益率

品目毎に利益率を算出し、利益率が高いものを提示する。利益率が高ければ、原価率は低くなる。追加受注が多いほど売上全体の利益率が上がり、原価率が下がるため、原価高騰の抑制ができる。利益率は以下の式で求める。

$$P_{iw} = \left(\frac{S_i - C_i}{S_i} \right)_w$$

w: 対象期間 i: 品目
S: 販売単価 P: 利益率
C: 仕入原価

(5) 販売単価×追加受注可能数量

販売単価の指標で原価高騰を抑え、追加受注可能数量の指標で余剰在庫の消費を促すことを目的とする。追加受注可能品目毎に品目マスタファイル内の販売単価と逆展開MRP展開結果ファイル内の追加受注可能数量を掛け合わせたものを降順に表示する。

(6) 相関関係

売上実績を元に品目同士の相関関係を導く。これにより、「品目Aを購入した顧客は品目Bも購入する傾向にある」とわかり、抱き合わせ販売を促すことで、追加受注を得ることを目的とする。相関係数を算出する際には、顧客コード及び対象期間の入力を行う。実行結果は相関が正の方向に強い順に表示する。

3.2 システム導入後の業務フロー

提案する業務フロー(図6)では、販売担当、生産管理担当、工程管理担当の業務を対象とする。特に、生産管理方式にMRPを採用し、部材の発注および原料の払出し・製品の加工については生産管理担当が立案する基準生産計画(MPS)に従う。また、MRP処理の後に逆展開MRP、追加受注可能品目提案処理を行うことにより、販売担当に追加受注を促す。追加受注が行われる場合、販

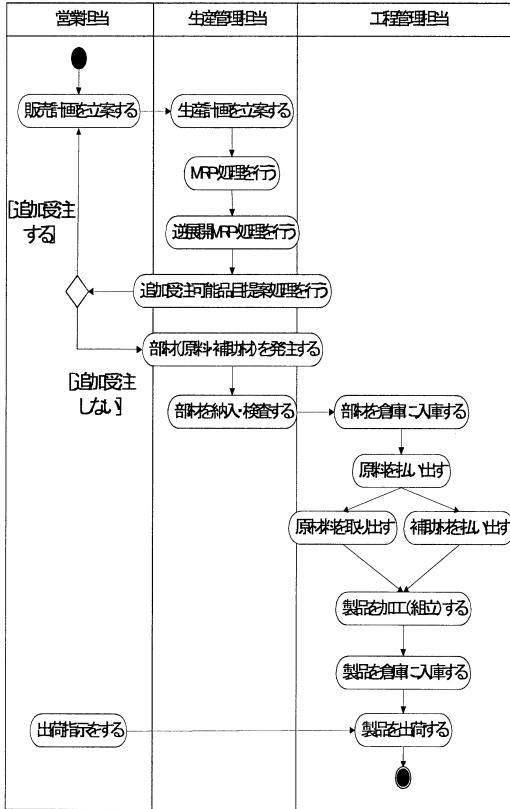


図6 システム導入後の業務フロー
Fig.6 Proposal on business process.

売計画から再立案されるものとする。なお、今回のモデルにおいて逆展開 MRP 処理は 1 タイムバケットに 1 回のみ行われるものとし、追加受注を行った後の一連のフローでは、逆展開 MRP 処理は実行しない。

4. プロトタイプシステムの構築

2 章で挙げた食肉加工業 A 社を対象として、3 章で提案したシステムを構築した事例について述べる。

4.1 実装環境

構築したプロトタイプシステムの開発環境を表 1 に、機器構成を図 7 に示す。システムでは、販売部門、生産管理部門、工程管理部門にそれぞれ端末をおき、ネットワークを介して生産管理サーバおよびプリンタに接続する。

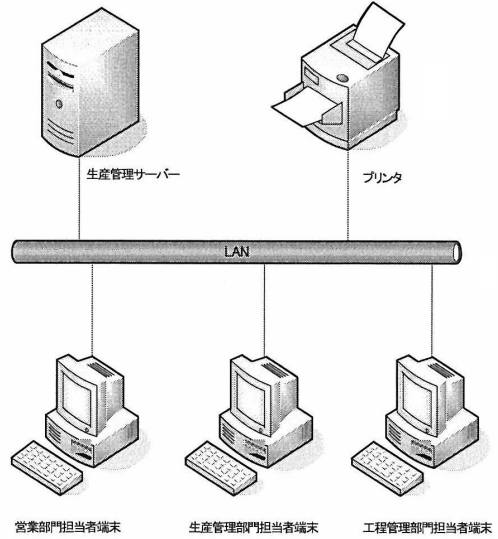


図7 プロトタイプシステムの機器構成
Fig7 Hardware setup formation of prototype system.

表1 開発環境
Table1 Setup of the system.

機器名	
型名	DELL DIMENSION 9150
CPU	Intel Pentium D CPU 3.20GHz
OS	Microsoft Windows XP Professional SP2
開発言語	Microsoft Visual Basic 2005
DB	Microsoft SQL Server 2005

表2 テストに用いたデータ
Table2 Test data.

データ名	データ	
対象時期	2006年10月分	
受注実績	2740件	
対象品目	独立需要品目	521品目
	従属需要品目	1008品目

4.2 対象品目

システムの動作検証に用いたデータを表 2 に示す。A 社の 2006 年度 10 月分のデータを用いた。品目数は最終製造品目 521 品目を含めて 1529 品目である。

4.3 動作検証

実装した生産計画立案システムについて、前節に挙げたテストデータ等をデータベースに登録し、図 6 の業務フローに基づいて動作の検証を行った。動作画面例を図 9、図 10、図 11、図 12 に示す。

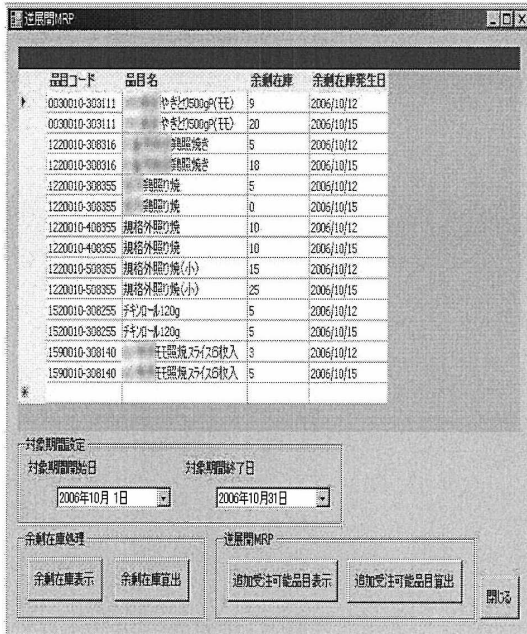


図9 余剰在庫算出結果画面

Fig.9 Screen capture of surplus stock calculation result.

図9はMRP展開結果の所要量情報及び在庫情報から、余剰在庫を算出した画面である。図10では余剰在庫を対象として逆展開MRP処理を行うことにより、追加受注可能な品目が一覧表示される。なお、この時点ではどの指標も適応されておらず、受注を優先すべき製品が分かりにくい。図11は逆展開MRP処理の結果である追加受注可能品目一覧を、製品毎の販売単価で降順に並べ替えた画面である。図12は追加受注可能品目一覧を、売上実績を元にした品目同士の相関関係が高い順に並べ替えた画面である。

4.4 追加受注業務における指標の効果検証

表2の受注実績を用い、提案した生産計画立案システムにおける追加受注業務が14件ずつ行われたものとして、余剰在庫削減率及び追加売上額を指標ごとに明らかにした(表3)。検証では、それぞれの指標ごとに一番効果が大きいものから上位14件を追加受注品目とした場合の追加売上額と余剰在庫削減率を記録した。

結果として、余剰在庫の削減を主目的とした“販売単価×追加受注可能数量”、“追加受注可能数量”、

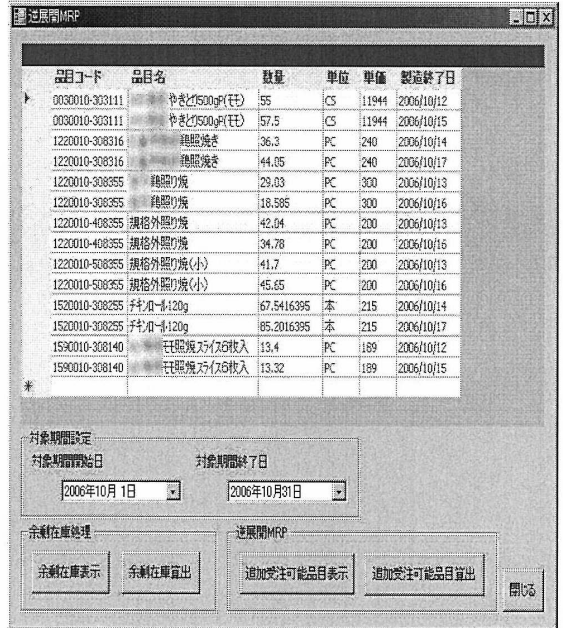


図10 追加受注可能品目算出画面

Fig.10 Screen capture of calculation result that item they are able to order.

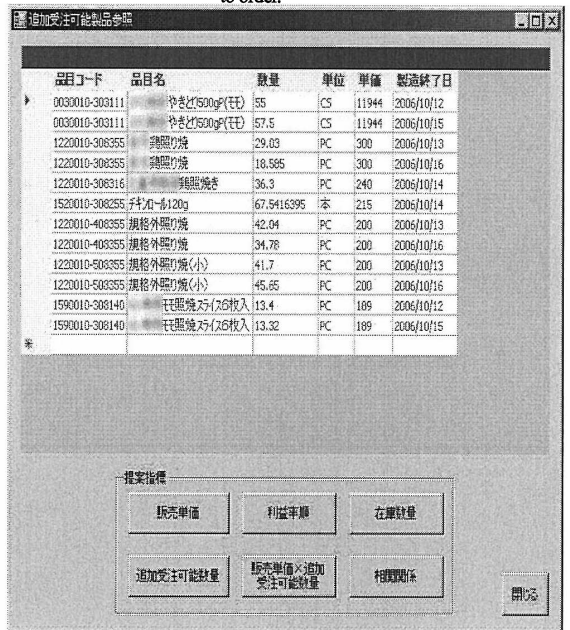


図11 追加受注可能品目提案画面(販売単価ごと)

Fig.11 Screen capture of Suggestion that item they are able to order (according to sale unit price).

“手持在庫数量”の3つの指標は、他の指標に比べて余剰在庫削減率が高く、有効だといえる。

No	ItemCde1	strItemName1	ItemCde2	strItemName2	CorVa
4	0030010-303111	やきど500g	1220010-508355	規格外照り焼(小)	0.874206
28	1220010-508355	規格外照り焼(小)	0030010-303111	やきど500g	0.874206
41	1520010-308255	チキド-120g	1590010-308140	モロ照焼スライ	0.631992
47	1590010-308140	モロ照焼スライ	1520010-308255	チキド-120g	0.631992
10	1220010-308316	鶏照焼き	1220010-408355	規格外照り焼	0.792200
22	1220010-408355	規格外照り焼	1220010-308316	鶏照焼き	0.792200
27	1590010-308140	モロ照焼スライ	1590010-308140	モロ照焼スライ	0.444364
45	1590010-308140	鶏照焼き	1220010-408355	規格外照り焼	0.444364
13	1220010-308316	鶏照焼き	1590010-308140	モロ照焼スライ	0.323099
43	1590010-308140	モロ照焼スライ	1220010-308316	鶏照焼き	0.323099
12	1220010-308316	鶏照焼き	1520010-308255	チキド-120g	0.305070
36	1520010-308255	チキド-120g	1220010-308316	鶏照焼き	0.305070
18	1220010-308355	鶏照り焼	1220010-508355	規格外照り焼(小)	0.267854
30	1220010-508355	規格外照り焼(小)	1220010-308355	鶏照り焼	0.267854
2	0030010-303111	やきど500g	1220010-308355	鶏照り焼	0.258889

報告コード: 09999

対象期間設定
 対象期間開始日: 2006年10月 2日
 対象期間終了日: 2006年10月 7日

相関係数の算出

図 12 追加受注可能品目提案画面 (相関係数ごと)
 Fig.12 Screen capture of Suggestion that item they are able to order (according to coefficient of correlation) .

表 3 指標ごとの効果検証

Table3 Effect inspection of index.

指標	追加売上額	余剰在庫削減率
販売単価	105,768 円	約 20%
利益率	107,301 円	約 29%
手持在庫数量	317,500 円	約 70%
追加受注可能数量	291,788 円	約 62%
販売単価× 追加受注可能数量	250,675 円	約 64%

一方、原価の低減を主目的とし、計上する利益額の増加を目指した“販売単価”と“利益率”の指標においては、成果は得られなかった。今後、実際の追加受注業務においてどの程度の受注が得られるかについて検討していく必要がある。

5. おわりに

本稿では、逆展開 MRP を生産計画立案の一連のフローに組み込むことで、生産計画時に余剰在庫の削減を図るシステムを構築した。また、在庫数量や過去の販売実績における品目間の相関係数等の指標に基づいた追加受注可能品目の提示を行い、追加受注業務を支援する機能を実装し、実データを用いて動作の検証を行った。検証では、余剰在庫の削減を主目的とした“販売単価×追加受注可能数量”、“追加受注可能数量”、“手持ち在庫数量”の3つの指標の有効性を確認した。今後は、本システムの導入準備を進めるとともに、導入後得られる受注データ等を利用し、追加売上額の増加を目指した“販売単価”と“利益率”についてのさらなる検証を行っていく。

参考文献

- 1) 中根甚一郎, 山田善教, 湯沢亘, 安藤昇: 統合化 MRP システム-設計と導入- (1984)
- 2) 菊池誉, 竹野健夫, 菅原光政: 複合型加工工程における生産計画支援プロセスの提案, 経営工学会平成 16 年度春季全国大会予稿集, pp26-27 (2004)
- 3) 堀川三好, 菊池誉, 竹野健夫, 菅原光政: 製造業における意思決定支援システムに関する研究, 経営工学会平成 16 年度秋季全国大会予稿集, pp148-149 (2004)
- 4) 十文字豊, 堀川三好, 竹野健夫, 菅原光政: 食品加工業を対象とした生産管理システムの開発, 情報処理学会第 70 回全国大会講演論文集 pp."4-915"-“4-916” (2008)