

平成 20 年度戦略的基盤技術高度化支援事業

「グループ企業間で加工設備を共有可能とする自動加工工程設計支援システムの開発」

## 成果報告書

平成 21 年 3 月

委託者 関東経済産業局

委託先 株式会社アルモニコス

## 1. 研究開発の背景・研究目的及び目標

昨今、商品サイクルが非常に短い製品が増えているため、製品開発期間の短縮が求められており、金型製作においても短納期化への対応が必須となってきた。製品設計の3次元化の波に押され、金型設計の分野においても3次元CAD/CAMを導入する企業が増えている一方、金型製作において重要な加工工程設計作業では、90%以上の金型企業がベテラン技術者の知識や経験に頼る2次元図面で設計を行っている。そのため加工工程の見積りが正確にできないことにより加工機の負荷状況の把握が難しくなり、短納期化を実現することが困難な状況にある。また、低価格で金型製作を請け負う海外金型企業が増加していることに対し、日本国内の金型企業は、精密で品質の高い金型製作が行えるという優位性を謳っているものの、海外金型企業の影響による金型の低価格化は国内においても進んでいる。そのため、金型製作にかかるコストを低く抑える必要があるが、短納期に対応するために加工機を増設するなど設備投資による負担も多く、低コストの実現が難しい。従って、本「グループ企業間で加工設備を共有可能とする自動加工工程設計支援システムの開発」では、金型企業が抱える2つの課題「短納期化」と「低コスト化」を実現することを目標とする。

上記2課題を解決するために、Fig1-1に示す、3種類のシステムの開発を行った。

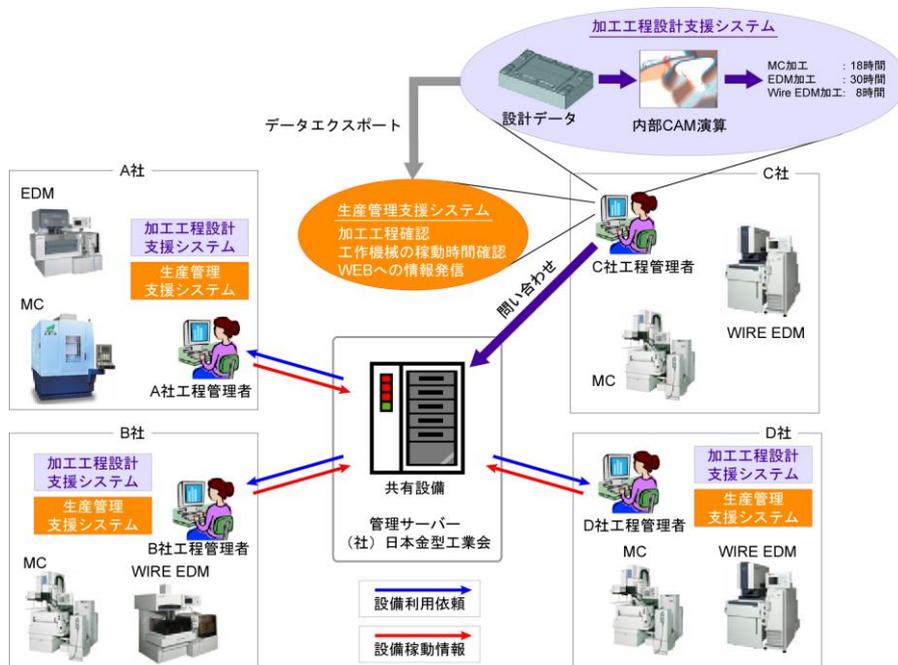


Fig1-1 システムの概念図

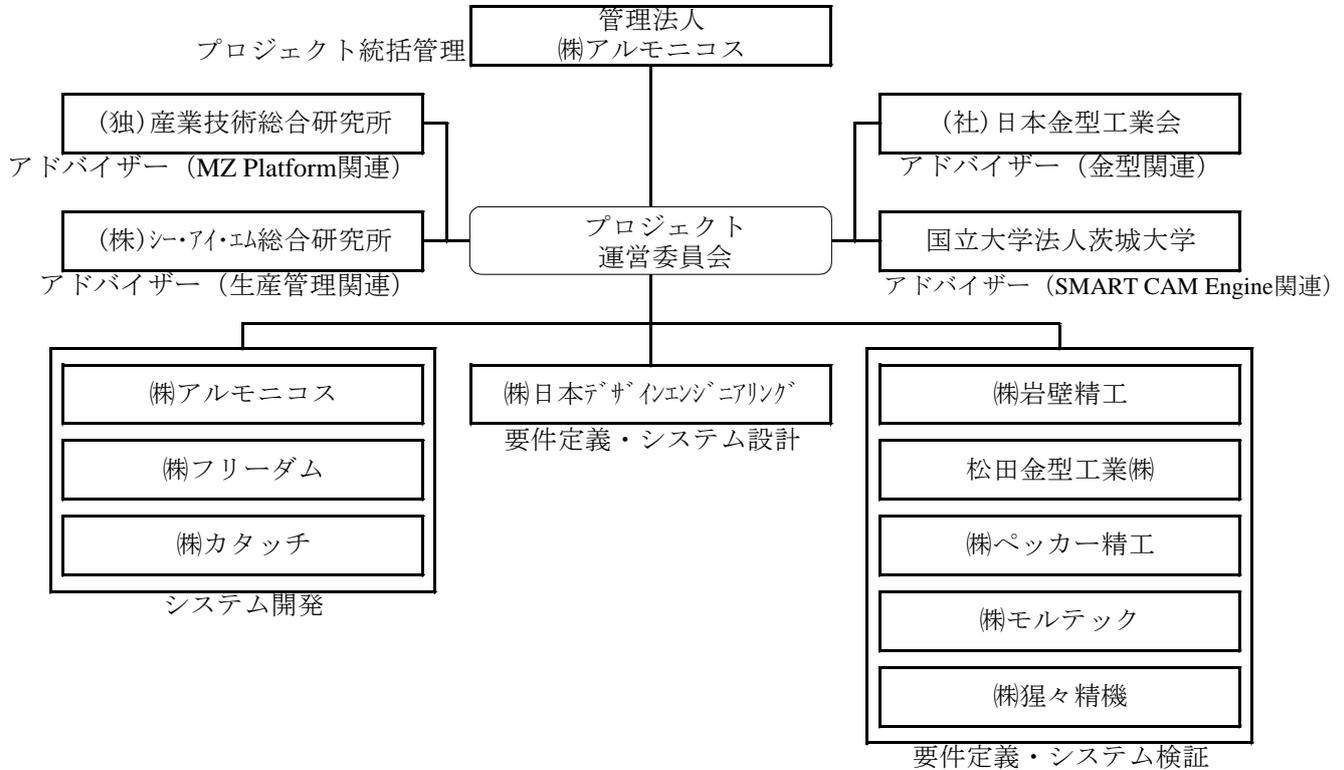
- 加工にかかる時間を簡単、かつ高精度に予測するための加工時間予測シス

テム (K-ha! GT)

- K-ha! GT によって求められた加工時間を元に、加工設備のスケジュール管理を行う生産管理システム (K-ha! MC)
- 社内の加工設備での生産が間に合わないケースや、逆に稼働率が低く他社との共有を行いたいケースにおいて、加工設備の情報を共有するための、シェアリングシステム (K-ha! FC)

2. 研究体制（研究組織・管理体制、研究者氏名、協力者）

(1) 研究組織



総括研究代表者

株式会社日本デザインエンジニアリング  
代表取締役社長 岩壁清行

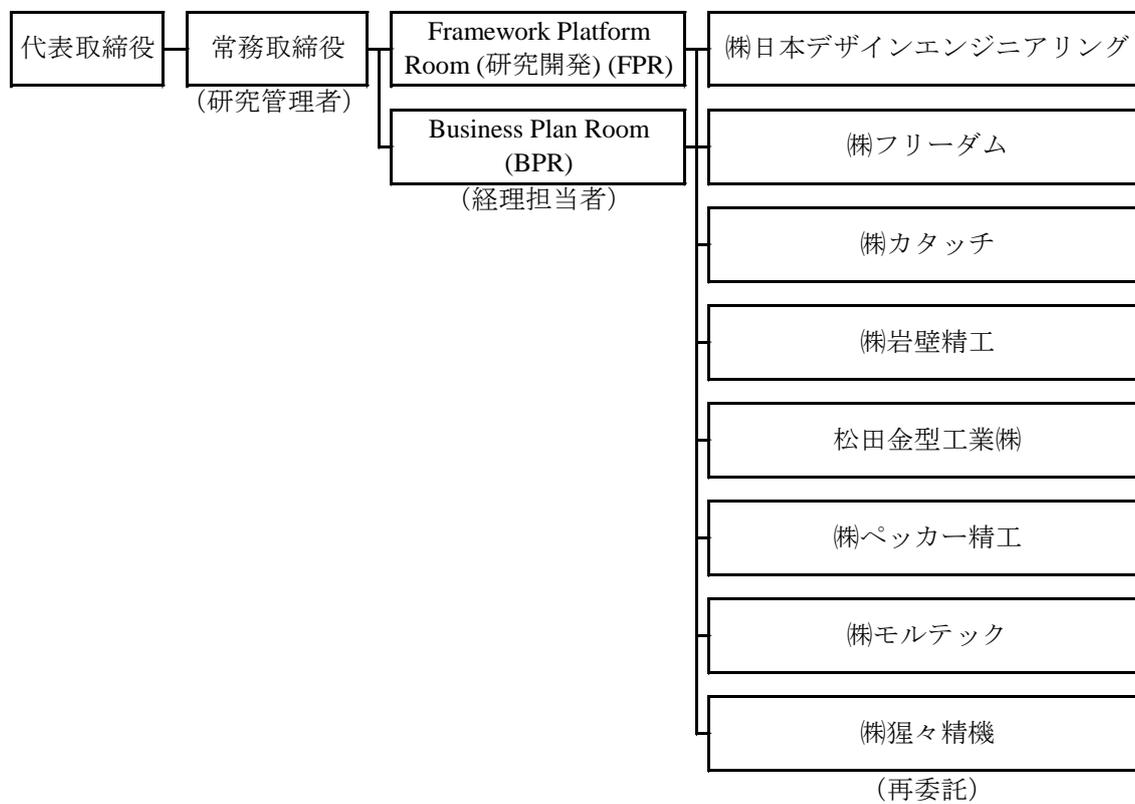
副総括研究代表者

株式会社アルモニコス  
Framework Platform Room (FPR)  
宇佐見修吾

(2) 管理体制

① 管理法人

株式会社アルモニコス



### 3. 本プロジェクトにおいて開発を行ったシステムについて

Fig3-1 に示す様に、金型企業の業務フローを検討し、生産管理の効率化を図る目的で、3種類のアプリケーションを開発した。これらのアプリケーションを金型企業に公開し、試験運用、及び改善点のフィードバックを行った。

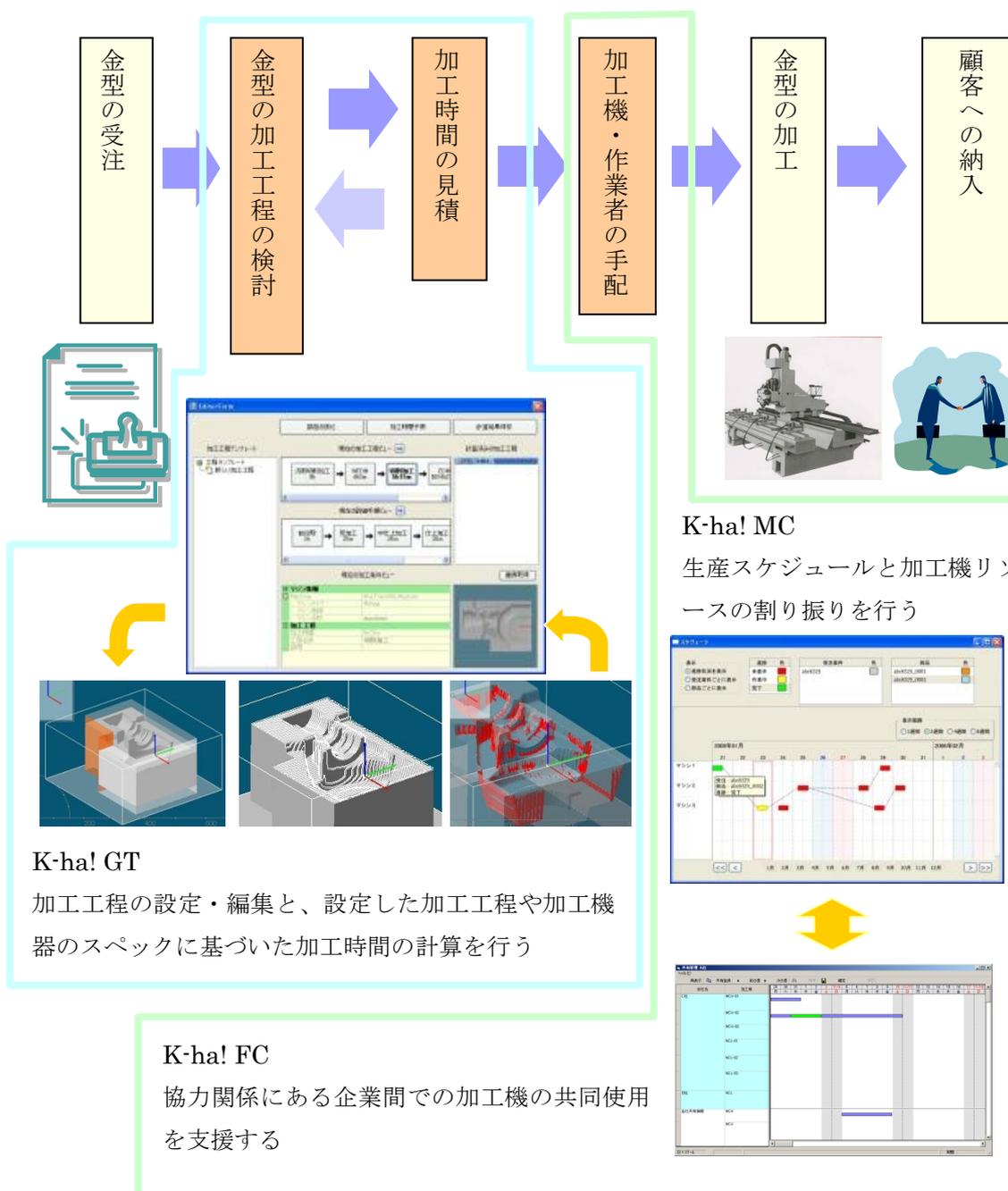


Fig3-2 金型企業の業務フローと本プロジェクトで開発したシステムの位置づけ

### 3-1 K-ha! GT (Guessing Time : 加工時間の予測)の開発

多くの金型企業では、対象の製品が類型化されており、加工対象毎に加工の手順が定型化されている。従って、何種類かの加工パターンを予め登録しておけば、金型加工を熟知した担当者でなくとも、コンピュータによる加工プロセスの再現が可能になる。そこで、加工手順のテンプレートを作成し、データベースに登録する機能を構築した。

この機能では金型の加工を、汎用切削、WEDM、NC 切削、EDM、研磨・研削、外注という6種類の工程に分類し、それぞれを粗加工～仕上げ加工、および前段取り・後段取りのような加工手順に分解して工程を組むことが出来る。この中で、汎用切削、研磨・研削、外注の3種については、コンピュータによる加工時間予測の対象としていないため、各加工にかかる時間を手入力する形式としているが、WEDM、NC切削、EDM加工については、加工時のパラメータを定義し計算に利用している。例としてNC切削の場合の計算に利用するパラメータの設定画面を Fig3-2 に示す。

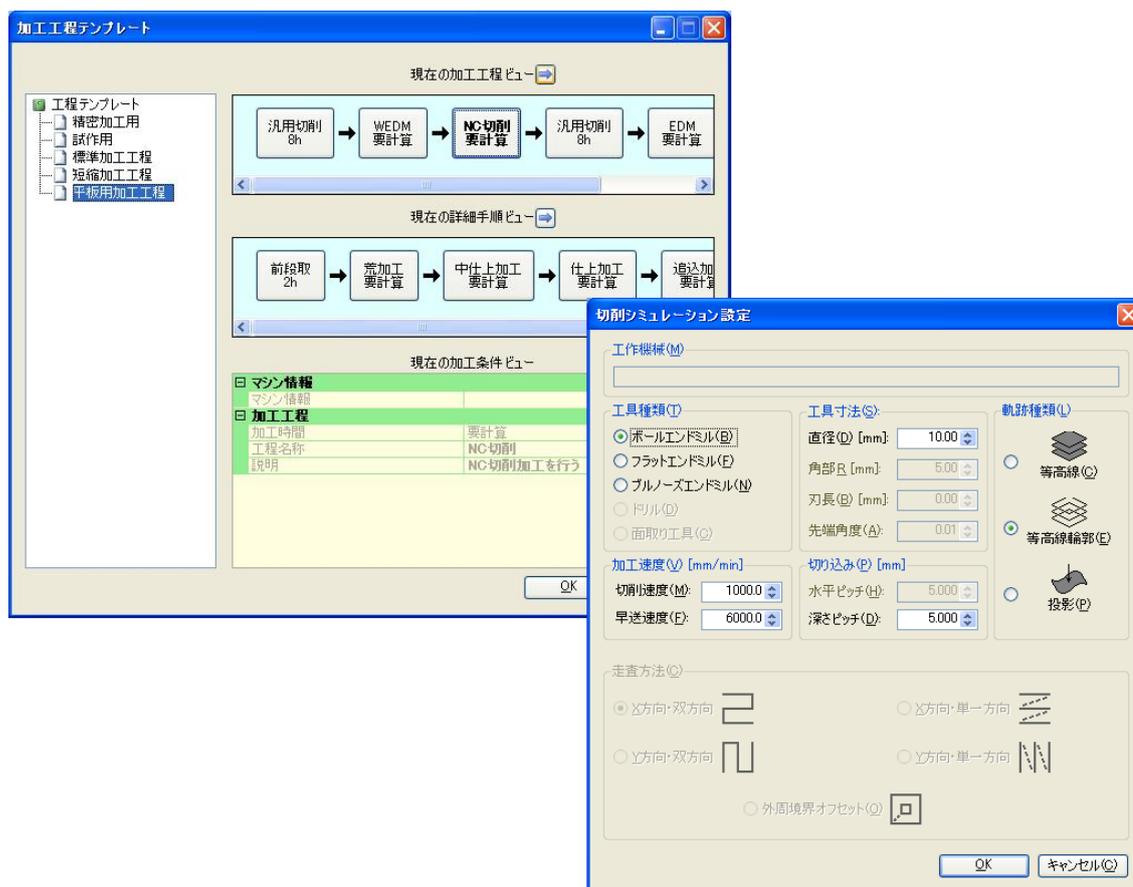


Fig3-2 加工工程設計画面とNC切削のパラメータ設定画面

このように定義した加工パラメータに基づき、加工プロセスの再現を行う。詳細を以下に説明する。

### (1) NC 切削の計算

国立大学法人茨城大学工学部の乾正知教授が開発した SMART CAM Engine の技術を核に加工パスの算出プログラムを構築した。この手法の特徴は、加工対象の形状をデクセルという、直交格子に対象形状の高さ情報を持たせた形で保持し、コンピュータのグラフィックボードの機能を利用して、加工パスの生成に必要な面のオフセットや加工後の形状生成の演算を画像処理的に行うことにある。この機能においては、疑似的な加工パスを高速に生成し、その長さや加工の速度から加工にかかる時間を概算する。昨今の CAM システムによる加工パス計算は高速化しているとはいえ、未だ数時間の時間を要するところを、1, 2分で加工パスの計算と加工時間計算を行う。

本システムで求めた加工パス及び加工パスによる切削後の形状を Fig3-3 に示す。

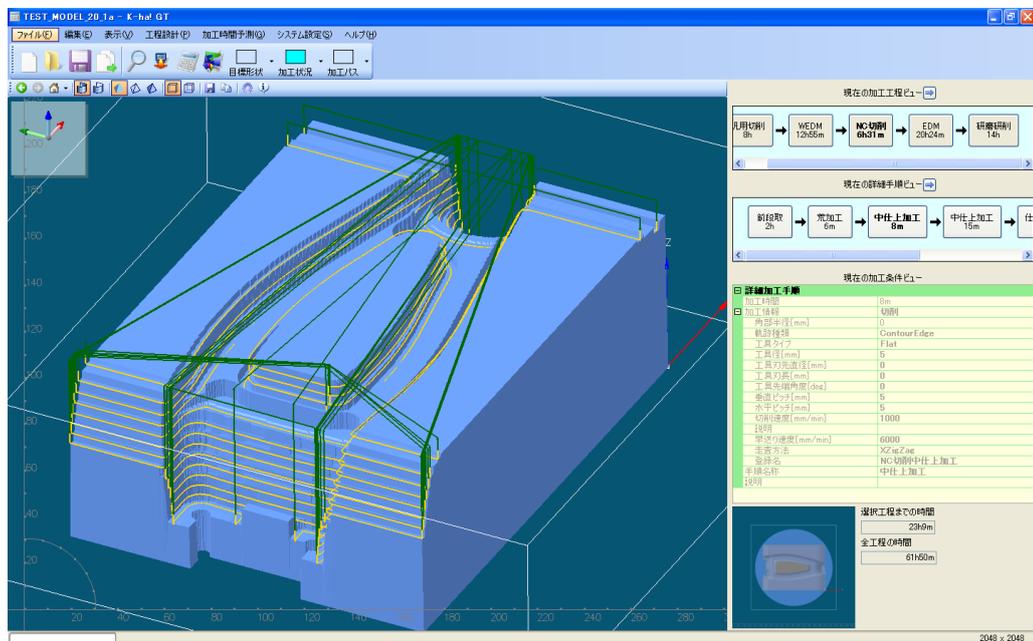


Fig3-3 自動生成した加工パスと加工結果

### (2) WEDM の計算

指定形状が素材下面に接する形状を取得し、その輪郭や内部開口の長さを求め加工にかかる時間を推定する。加工速度  $V$  については、加工機メーカーへのヒアリング結果を元に、素材の厚さを  $\tau$ 、ワイヤの直径を  $d$ 、加工機毎に異なる定数を  $\alpha$  として、基本的に

$$V = \alpha \frac{d}{\tau}$$

という式で表現できるものとし、Fig3-4 のような傾向を持つ速度関数として登録することとした。この関数は黄色の点を制御点とする 3 次の Bezier 曲線で定義してある。本システムでは、この Bezier 曲線を自由に変形できる機能を提供しているため、各社の環境に併

せて速度関数を定義することが可能である。

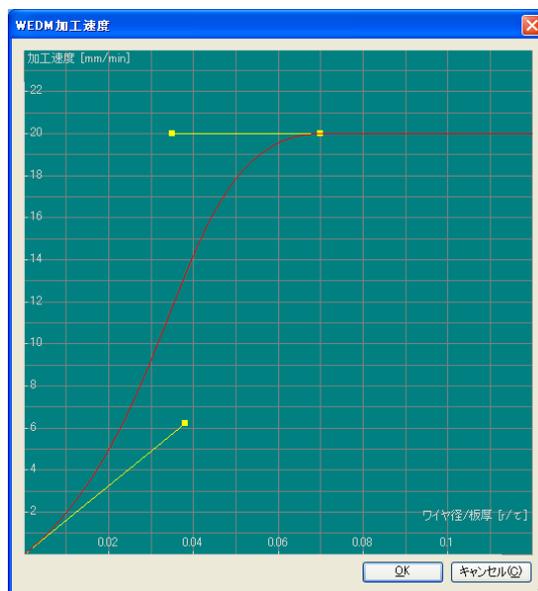


Fig3-4 WEDM 加工の速度関数

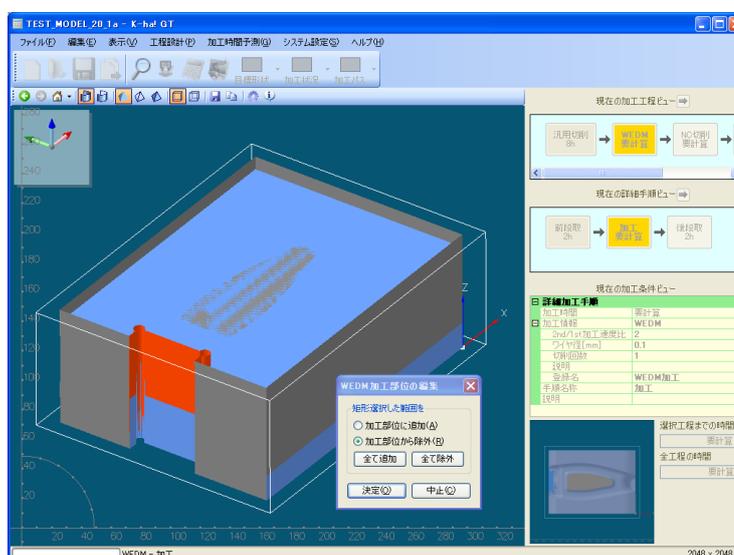


Fig3-5 WEDM 加工の対象領域の指定画面

操作時には、Fig3-5 の様に、WEDM による切削対象の候補となる壁面が表示され、加工対象とする部分・除外する部分を指定する仕組みとなっている。グレーで表示されている部分は、素材の外形に一致しているために、WEDM 加工が不要と判断している領域である。

### (3) EDM 加工の計算

NC 切削加工で求められた、切削後の形状を元に、削り残し部分の EDM 加工に要する時間を計算する。Fig3-6 は、NC 切削加工後に一定値以上の削り残しが発生している部分を赤色表示したものである。これらの部分から、工程毎に対象とする範囲を指定し、加工時間の計算を行う。

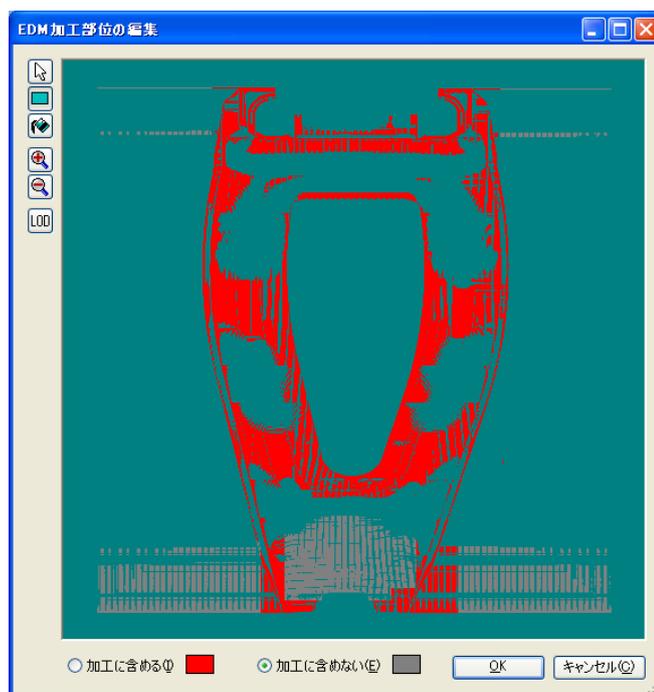


Fig3-6 EDM 加工の対象領域選択

EDM 加工については、粗加工と仕上げ加工とで速度関数が異なるが、粗加工については1つの電極が担当する加工部の上面投影面積に比例し、仕上げ加工については最終形状として求められる表面粗度に基本的に比例することから、WEDM 同様に 3 次の Bezier 曲線を利用して速度関数を定義する形式としている。

これらの演算を経て求められた金型の加工時間は、工程ファイルとして、XML 形式でファイル出力され、同時に開発した生産管理システム(K-ha! MC)に読み込み、スケジュール管理に利用することができる。さらには加工設備の共有システム(K-ha! FC)との連携により、グループ企業と加工設備を共有することで各社が所有している加工設備の稼働率の向上に寄与することも可能である。

また、本システムで出力する工程ファイルは、(株)シー・アイ・エム総合研究所の Dr.工程へ入力し、スケジュール管理に利用できるように開発が進められている。

### 3-2 K-ha! MC ( Manufacturing Control : 生産管理支援システム)の開発

生産管理の支援を行うスケジューリングアプリケーションは、前述の Dr.工程等を筆頭に、現時点でも多数市販されている。しかしながら、金型企業の多くは従業員が数名～十数名程度の中小企業であり、それらの企業ではコストの面、およびシステム運用の煩雑さから、生産管理用のアプリケーションを利用せず、紙面による管理を行っている。このため、割り込み注文や前工程での手戻りなどによるリスケジューリングの管理が非常に困難であり、改善案が必要とされていた。

本プロジェクトにおいては、中小企業のユーザーを主眼として、簡便に運用可能な生産管理システムを構築した。概要を以下に記述する。

#### (1) 画面構成

K-ha! MC は 3 つのウィンドウで構成されている。各ウィンドウにはそれぞれ役割が割り振られており、作業のステージによって、ウィンドウを切り替えながら作業を行う。

- ① メインウィンドウ                      受注した金型の単位での生産管理を行う。また、顧客や加工機器の登録・管理もこのウィンドウ上で行う。
- ② 工程設計ウィンドウ                      金型を構成する部品単位の加工工程の編集・管理、および工程の進捗管理を行う
- ③ スケジューラウィンドウ                      加工設備への作業のアサイン・スケジュール管理を行う。

それぞれの画面での作業について、概要を記述する。

(2) 受注案件の登録・編集 (メインウィンドウ)

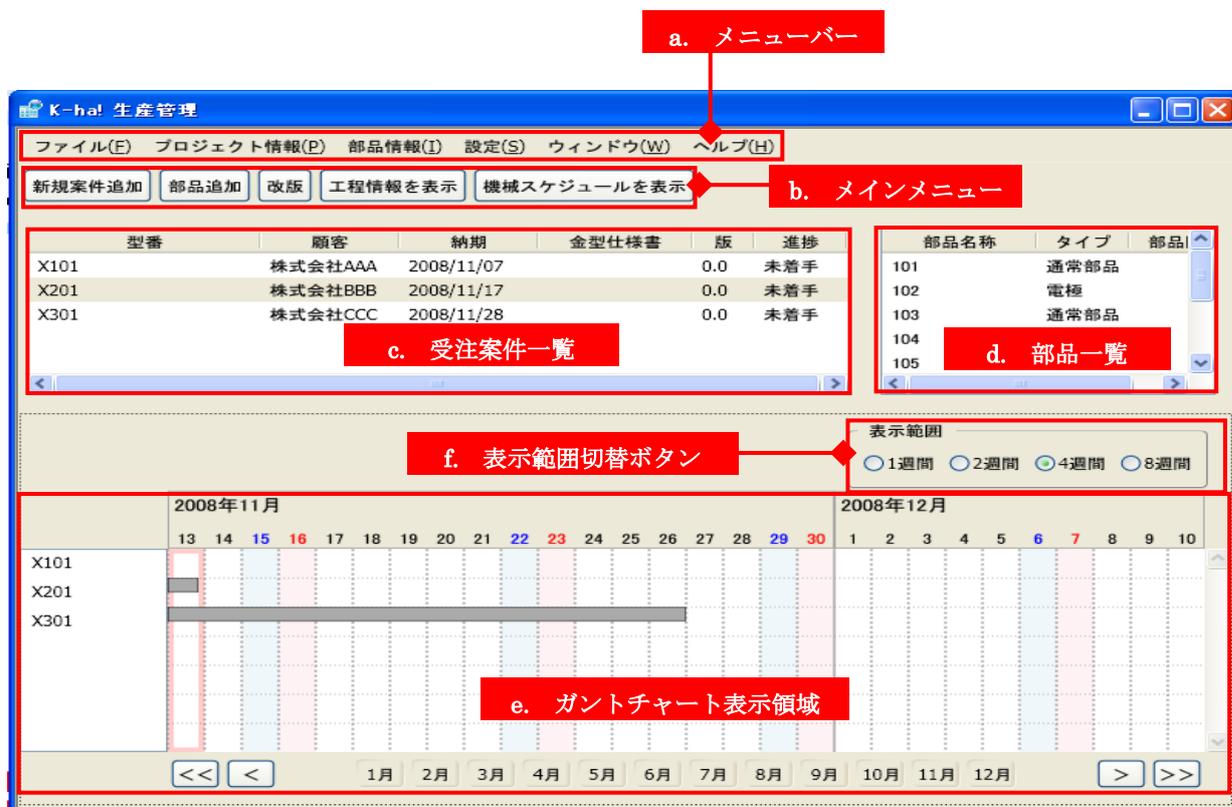


Fig3-7 K-ha! MC のメインウィンドウ

- a. メニューバー                   メインとなる機能を実行するためのメニュー群
- b. メインメニュー                受注案件情報および進捗管理を行うための機能
- c. 受注案件一覧                  現在、受注している案件の一覧
- d. 部品一覧                        受注案件一覧で選択されている受注案件に含まれている部品や電極の一覧
- e. ガントチャート表示領域      各受注案件の着工、完了予定スケジュール
- f. 表示範囲切替ボタン          受注案件処理スケジュールの表示範囲を切り替えるボタン

(3) 部品の工程設計（工程設計ウィンドウ）



Fig3-8 K-ha! MC の工程設計ウィンドウ

- |             |                             |
|-------------|-----------------------------|
| a. メニューバー   | 工程設計および部品工程の進捗を管理するためのメニュー群 |
| b. コマンドアイコン | メインとなる機能のアイコン群。             |
| c. 加工工程表示領域 | 受注案件に含まれている部品の加工工程を表示する領域   |
| d. 部品カード    | 登録してある部品のカード                |
| e. 工程カード    | 部品の工程および加工時間を表示してあるカード      |

(4) 加工設備のスケジューリング (スケジューラウィンドウ)

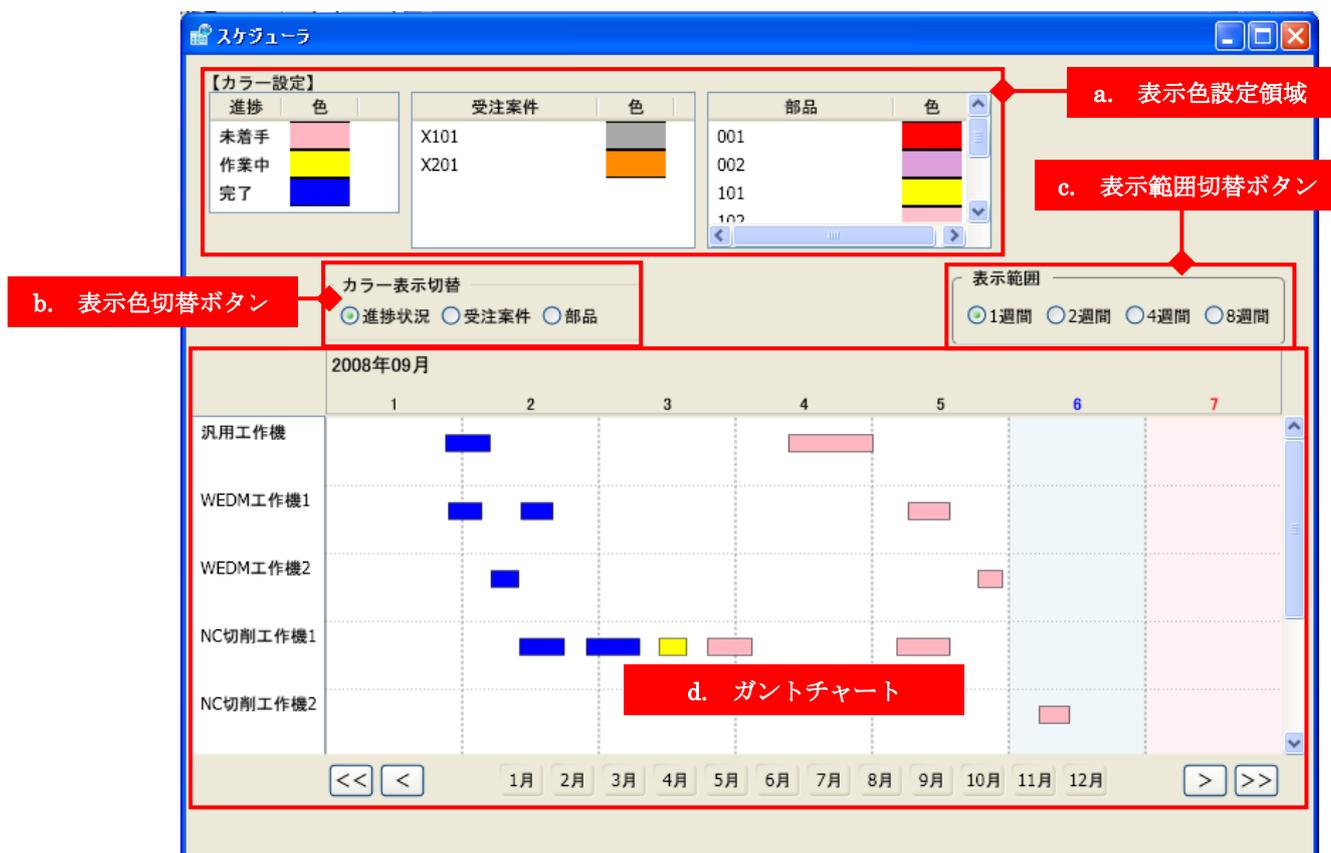


Fig3-9 K-ha! MC のスケジューラウィンドウ

- |              |  |
|--------------|--|
| a. 表示色設定領域   | スケジュールバーの表示色の設定を行う   |
| b. 表示色切替ボタン  | スケジュールバーの表示色モードの切り替えを行う                                      |
| c. 表示範囲切替ボタン | 加工工程スケジュールの表示範囲を切り替えるボタン                                     |
| d. ガントチャート   | 工程設計ウィンドウからドラッグ&ドロップすることにより、その部品の工程スケジュールが使用する工作機械情報と共に表示される |

### 3-3 K-ha! FC (Factory Communication : 加工設備共有システム)の設計・開発

グループ企業間で加工機の機器情報・運用情報を共有し 金型企業の業務を平準化し加工機の稼働率の向上し、それにより金型企業における設備負担比率を低減させ、トータルでのコストダウンを図るシステムとして、K-ha! FC を構築した。

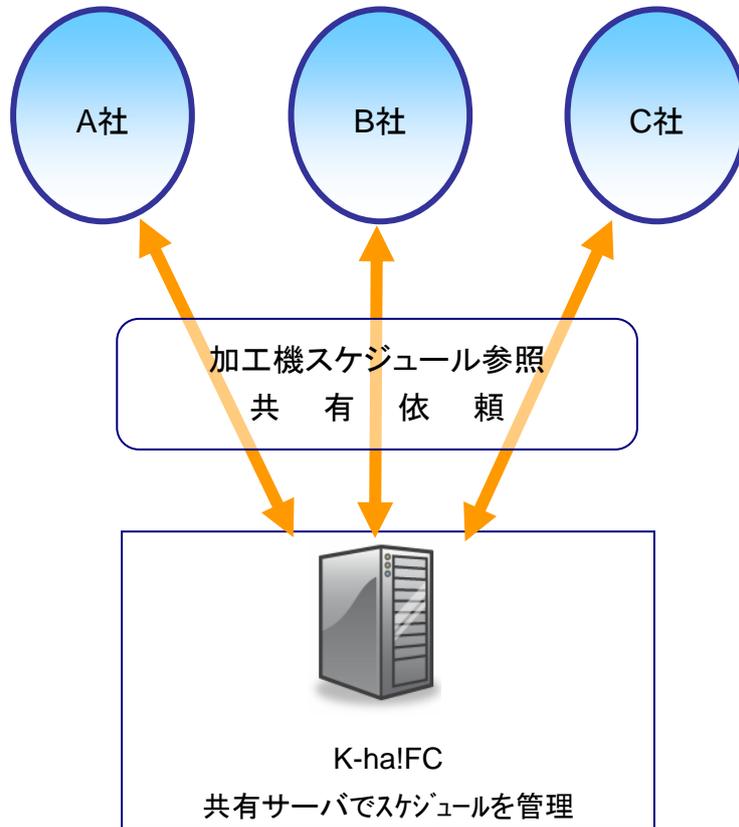


Fig3-9 K-ha! FC イメージ図

#### (1) 画面イメージ



Fig3-10 K-ha! FC の画面イメージ

## (2) 加工設備の共有登録

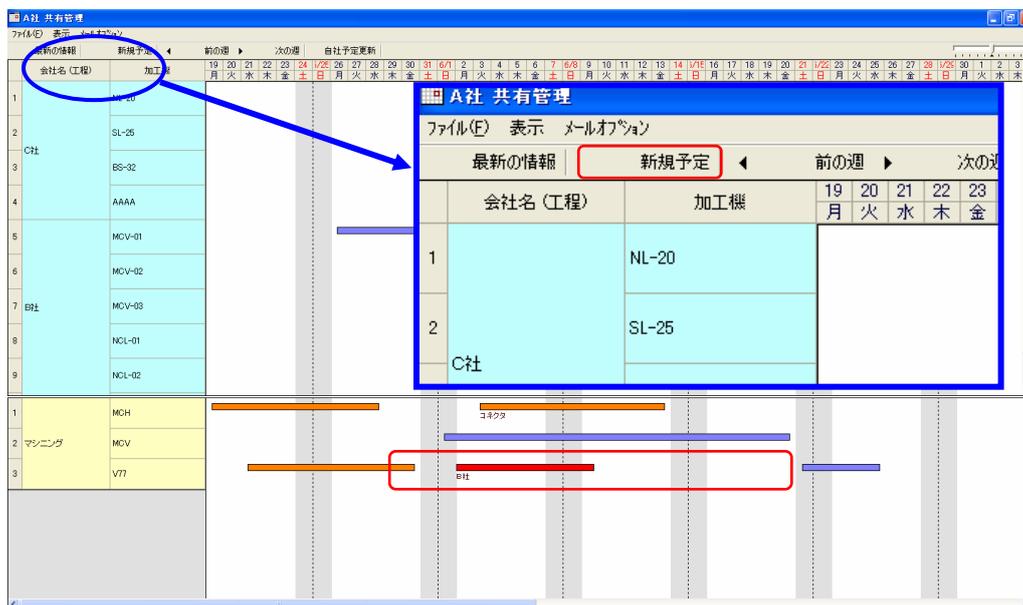


Fig3-11 K-ha! FC における、自社設備の登録画面

メニューバーから、新規予定のボタンを起動し、表示されるダイアログにパラメータを設定することで、加工設備の共有情報を登録する。



Fig3-12 K-ha! FC における、自社設備の登録パラメータ

公開期間の変更・編集や共有解除などは、表示されたスケジュールバーを選択してポップアップメニューから実行することができる。

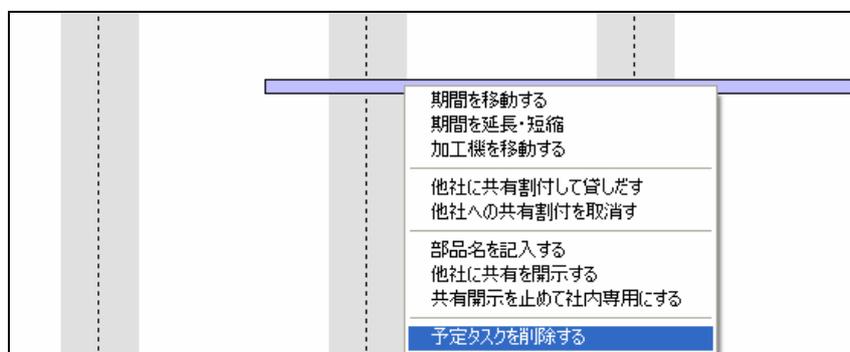
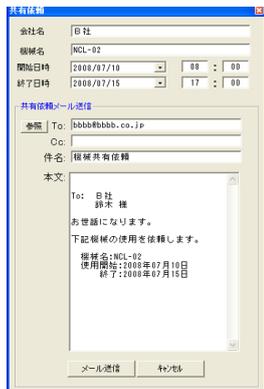
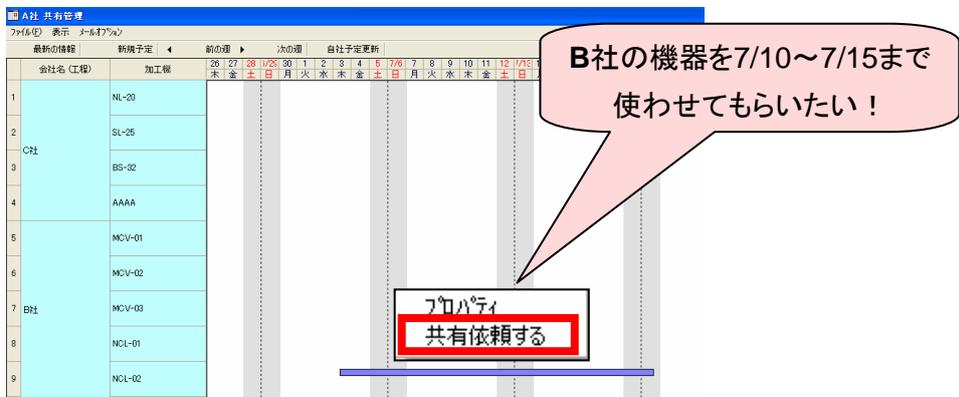


Fig3-13 K-ha! FC における、自社設備の登録状態変更

(3) 加工設備の共有依頼と認証

K-ha!FC共有サーバに接続し、使用したい設備に対して共有依頼を行う。



共有依頼のメールが  
B社担当者宛に送信  
される



B社担当者が共有処理を行う



表示色が変わって指定期間がA社に割り付けられる

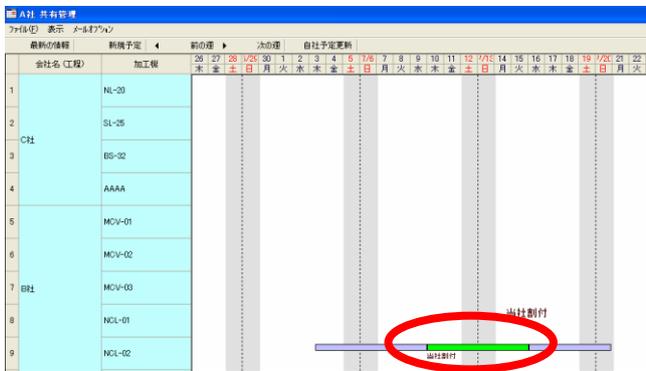


Fig3-14 K-ha! FC における加工設備の共有手順

## 4. プロジェクトの総括

### 4-1 開発成果物について

本事業において、最終成果物として下記3点のアプリケーションプログラムを開発することが出来、事業に参加した金型企業5社からの評価も十分将来性を感じられるものであった。以下に概要を記す。

#### 4-1-1 K-ha! GT

SMART CAM エンジンの利用により、切削加工の加工パス生成、生成した加工パスによる加工後の形状確認が、既存のシステムに比べ非常に高速に出来るようになった。同時に、昨年度まで K-ha! PE として開発を行っていた加工工程の設計・登録を行う機能の組み込みにより、予め登録済みの加工手順のパターンを選択するだけで、加工の知識の少ない作業員でも、簡単に加工時間の見積を行うことが出来るようになった。

本事業期間は小規模金型企業を対象としたため、現時点においては特に大規模金型企業向けの加工機毎に微妙に異なるパラメータなどの調整が不足しているものの、過去の図面を元にした経験による見積りに比べて本システムを利用した加工時間の算出精度の方が高いとの評価も得ている。また、演算速度の速さを利用して、加工工程の検討などの用途にも利用できると考える。

#### 4-1-2 K-ha! MC

本システムでは、細かい画面イメージの調整、操作性の作り込みを行うため、より自由度の高い WPF( Windows Presentation Foundation ) を利用してアプリケーションのベースから開発した。これにより、直感的に操作可能な簡易スケジューラが開発できた。

金型企業からは、早急に利用したいとの話も挙がっており、当面は評価用として利用した上で、細部の調整を進めていく予定である。

#### 4-1-3 K-ha! FC

グループ企業間で、各社が持つ加工設備の情報を公開し合い、必要に応じて他社の加工設備を利用するための予約システムの開発、及び情報共有サーバーの構築が出来た。これにより、各社で異なる業務の多忙期・瑞境期の加工作業の平準化を行うことが出来るようになる。

既に、プロジェクトの参加企業から早急に利用したいとの要請も受けている。この企業については、他社との機器の融通ではなく、社内の複数の向上間のデータのやり取りを主眼としているが、そのような利用形態でも十分に有用であるといえる。

#### 4-2 目標の達成度について

要求仕様として設定した機能に対して、金型企業の評価を集計し、本プロジェクトの目標は十分に達成できたと考える。評価内容の概要を以下に示す。

##### (1) K-ha! GT

- ・ 加工時間の見積もりに関しては、ヒトによるものよりも精度が良い
- ・ ヒトによる見積作成に要する時間を削減できた
- ・ 計算時間や表示処理などの処理速度が速い

		A社1	B社1	B社2	B社3	平均
N C 切 削 加 工	人による見積時間	8:00	8:00	8:00	8:00	
	システムの見積時間	5:42	8:32	6:26	6:12	
	加工時間の実績	6:15	5:49	6:34	5:27	
	見積時間の正確性	88%	48%	98%	87%	80%
W E D M 加 工	人による見積時間	4:00		4:00		
	システムの見積時間	2:07		4:00		
	加工時間の実績	2:00		4:00		
	見積時間の正確性	95%		100%		98%
E D M 加 工	人による見積時間		8:00	16:00	8:00	
	システムの見積時間	7:07	4:17	4:35	3:43	
	加工時間の実績	17:00	5:30	13:00	8:30	
	見積時間の正確性	42%	78%	35%	45%	50%
	人の見積作成時間	4:00	4:00	4:00	4:00	
	システムの見積作成時間	0:55	0:15	0:25	0:12	

Fig4-1 K-ha! GT の加工時間予測実績

##### (2) K-ha! MC

- ・ 各社の生産管理の上では十分に効果的である
- ・ 大規模な生産管理を行う場合は、Dr.工程と連携できるから良い

### (3) K-ha! FC

- ・ 社内企業の情報共有にすぐにでも使える

#### 4-3 今後の市販化について

小規模金型企業向けの機能開発は完了した。しかし、このまま小規模金型企業向けに販売開始すると、最近の景況により販売活動が困難になることが予測される。よって、中規模、大規模金型企業向けの機能を追加開発することにより、市販化の成功に結び付けたいと計画している。

今後の活動として、

- ① 金型企業からのフィードバックを元に改良点や追加したい機能等の洗い出しを行い、製品化へ向けての改良を1年程度かけて行う予定である。その時点で金型業界向けに評価版を暫定リリースする予定である。
- ② 更に、1年程度の期間を置いて正式リリースを行う予定である。

を考えている。

リリースのための周知手段として、平成21年6月の型技術者会議にて、Dr.工程とK-ha!システムとの連携について、論文の発表を行う予定である。また、これらPR活動のための資料として、添付資料にある概要資料を作成している。市販化の成功に向けて、ユーザーと密接にリンクしつつ、機能開発及び拡販を行きたい。

5. 連絡窓口

株式会社アルモニコス

Framework Platform Room 常務取締役 内田幸雄

TEL : 03-5223-8221

FAX : 03-5223-7115

E-mail : products@armonicos.co.jp

6. 参考文献等

K-ha! GT を開発する上で、以下の特許を利用している。プログラムソースについては、提供を受けたものを、C# に移植して利用している。

特許第 3571564 号 表示方法及び表示プログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体及び表示装置

特許第 3535442 号 工具参照面計算方法、工具参照面計算プログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体および工具参照面計算装置