

平成 2 1 年度戦略的基盤技術高度化支援事業

「次世代情報家電向け研磨システムの開発」

研究開発成果等報告書

平成 2 2 年 3 月

委託者	東北経済産業局
委託先	財団法人あきた企業活性化センター

## 目 次

第1章	研究開発の概要	3
1 - 1	研究開発の背景・研究目的及び目標	3
1 - 2	研究体制 (研究組織・管理体制、研究者氏名、協力者)	3
1 - 3	成果概要	4
1 - 4	当該プロジェクト連絡窓口	5
第2章	成果報告	6
	電界砥粒制御技術を導入した研磨装置部の開発	6
	電極ポリシングパッドの開発	7
	高能率研磨流体の解析	8
	スラリー精密投与装置部の開発	11
	加工屑最適洗浄装置部の開発	14
	環境に配慮した研磨技術の開発 (スラリー分別処理実験装置部の開発)	16
	高効率研磨装置研磨システムの開発	18
第3章	全体総括	24
3 - 1	全体総括	24
3 - 2	事業終了後の方針	25

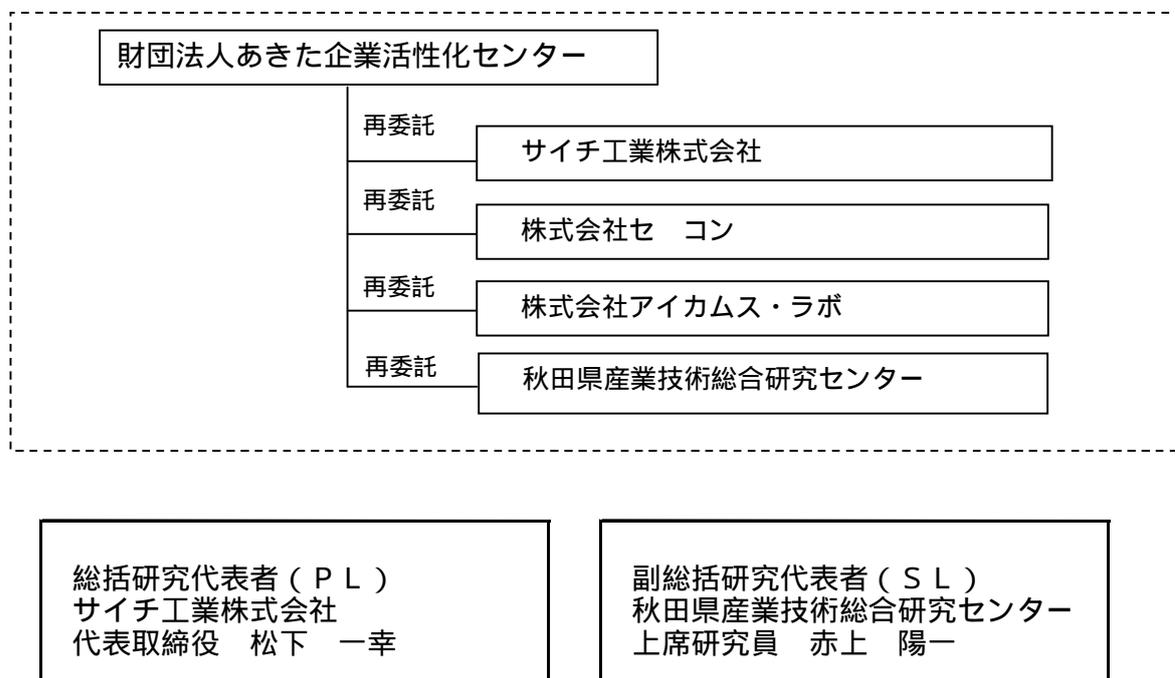
# 第 1 章 研究開発の概要

## 1 - 1 研究開発の背景・研究目的及び目標

昨今、市場が求める携帯電話をはじめとする IT 機器表示部品は、高精細・薄型・軽量が求められている。すなわち、表示部品であるガラス基板を高能率かつ高品位に仕上げる技術が求められている。そこで、本研究開発では、新たに研磨流体であるスラリーに配置制御技術を導入する。また、研磨装置の構造を見直すことにより、高能率な次世代情報家電向け研磨システムの開発を目的とする。

平成 21 年度での最終的な本システムの目標研磨特性が、表面粗さ 3nm PV 以下、形状精度 20nm rms 以下、平坦度 3 以内、既存の装置に比べ 4 倍以上高能率さを有するシステムとして完成させることを目標とする。

## 1 - 2 研究体制



## 1 - 3 成果概要

本研究開発の目標を達成させるために、以下の7項目の中核技術について研究開発を実施した。

### 1 - 3 - 電界砥粒制御技術を導入した研磨装置部の開発 (サイチ工業株式会社、秋田県産業技術総合研究センター)

表面粗さ 3nm PV 以下、更に平成 21 年度は新たな指標として平坦度 3 ( = 632.8nm ) 以内の達成を目指し研究開発を実施した。その結果、表面粗さにおいては 6.8nm PV と未達であったが、平坦度は 17 枚の研磨試料において、ベスト値 1.02 、ワースト値 1.81 といずれも事業目標を達成した。

### 1 - 3 - 電極ポリシングパッドの開発 (株式会社セーコン、サイチ工業株式会社、秋田県産業技術総合研究センター)

研磨試料平坦性の向上と、安全に電界を供給することを両立するため、定盤一体型電極ポリシングパッドの開発を実施し、絶縁耐圧 4.0kV 以上の耐圧性能を有する定盤一体型電極ポリシングパッドを開発した。

### 1 - 3 - 高能率研磨流体の解析 (株式会社アイカムス・ラボ)

上部定盤の旋回運動と下部定盤の運動をスラリー流入とあわせたシミュレーションを実施し、本事業の研磨装置部の動作に近似した旋回運動モデルについて解析した。また、既存の方式を想定した軸回転運動方式も合わせて解析し、スラリーのベクトル解析、濃度分布解析、粒子追跡解析を行って二つの方式を比較した。

その結果、軸回転運動方式では、研磨スラリーは外周部付近で遠心力による排出効果を示し、既存装置における定盤内周部と外周部で研磨状態が異なる実験事実とほぼ一致する結果を確認できた。一方、旋回運動方式においては、定盤内全域にわたって研磨スラリーは楕円旋回運動軌跡を示した。これよりスラリーの排出が抑制されることが見出され、より均一な研磨状態を呈する可能性を得た。

また、旋回運動方式におけるスラリー流量依存性についてシミュレーションを行い、本方式においては、スラリー投入量が研磨品位に及ぼす影響が大きい可能性が得られ、研磨装置部に用いるスラリー投入量について提案した。

### 1 - 3 - スラリー精密投与装置部の開発 (サイチ工業株式会社、秋田県産業技術総合研究センター)

流体シミュレーションの解析結果を基に、スラリー供給量のパラメーターを振り研磨試験を行った。除去量及び平坦度を指標として評価を行った結果、スラリー供給量 15 /min のときに除去量、平坦度共に良好な結果が得られ、本システムにおける実験を通したスラリー流量の基礎的な知見と 項のシミュレーションに

おける結論とが合致する結果を得た。

1 - 3 - 加工屑最適洗浄装置部の開発  
(サイチ工業株式会社、秋田県産業技術総合研究センター)

加工屑最適洗浄装置部の開発の研究成果として、平成 21 年度の試料洗浄試験において、極低圧にて短時間研磨パッドと試料を接触摺動させることで、洗浄後の砥粒残存率を昨年度の 1/30 に低減可能なことを見出した。これにより、粗研磨装置部から精密研磨装置部への砥粒の持ち込みが大幅に低減し、スクラッチ痕の抑制が可能となり、試料の加工品位の向上が期待できる。

1 - 3 - 環境に配慮した研磨技術の開発  
(スラリー分別処理実験装置部の開発)  
(株式会社アイカムス・ラボ、秋田県産業技術総合研究センター)

スラリー分別処理実験装置を開発して、スラリーに作用させる電界と遠心力の各種条件における実験を行った結果、研磨に悪影響を与える研磨加工屑を含んだ大サイズの砥粒を分離し、未使用砥粒を回収可能な条件が得られた。

1 - 3 - 高効率研磨システムの開発  
(サイチ工業株式会社、秋田県産業技術総合研究センター  
株式会社アイカムス・ラボ、株式会社セーコン、)

5 つの装置部を組み合わせてシステム化し、事業成果として既存の装置に比べて生産効率は 4 倍の目標に対し、5.4 倍(生産能力 3.4 倍×研磨レート 1.6 倍)の生産効率を実現した。研磨特性は、試料の表面粗さ 3nm PV 以下の目標に対し 6.8nm PV、形状精度 20nm rms の目標に対し 0.9nm rms の結果を実現した。また、平坦度は目標値 3 以内に対し、1.8 以内を実現した。

また、精密研磨装置部、粗研磨装置部の装置間試料搬送機構を有するシステム化を確立した。

## 1 - 4 当該プロジェクト連絡窓口

財団法人あきた企業活性化センター(最寄り駅: JR 東日本奥羽本線秋田駅)  
〒010-8572 秋田県秋田市山王3丁目1番地1号  
Tel: 018(860)5624(ダイヤルイン) FAX: 018(860)5704

産学連携推進グループ/技術マネジメント担当 サブリーダー 笠井 潤

## 第 2 章 成果報告

### 電界砥粒制御技術を導入した研磨装置部の開発

#### (ア) プロジェクト全体における本研究部門の位置づけ

次世代情報家電向け研磨システムの主要構成要素部としては新たな定盤駆動方式を導入した粗研磨装置部、精密研磨装置部に電界砥粒制御技術を加え、それらを結ぶ試料搬送機構を開発する。

#### (イ) 目的と目標

一般的な両面平面研磨装置は中心軸を有するため研磨領域が限定化され、研磨能率が低い事が知られている。そこで、平成 19 年度は、新規に上下定盤の駆動方法を提案し、各装置部とともに試作開発を行い、その結果、試料搭載枚数は 3.4 倍、試験試料の表面粗さは 20nm PV、形状精度は 2.1nm rms を得た。

平成 20 年度は研磨特性の向上と装置間試料搬送の基礎的知見を得ることを目的として装置改造を行い、一般的な装置に比べ生産効率は 5.1 倍、表面粗さは 10.5nm PV、形状精度は 1.5nm rms という成果を得た。

平成 21 年度は、より高品位な表面性状を得ることを目的とし、粗・精密研磨装置部の改造を行い、表面粗さ 3nm PV 以下、更に新たな指標として平坦度 3 ( = 632.8nm ) 以内の達成を目標とする。尚、生産効率 ( 4 倍 ) 及び形状精度 ( 20nm rms ) の事業目標は平成 20 年度の研究において達成済みである。

#### (ウ) 研究内容

##### (ウ) - 1 装置の全体概要

改造を行う研磨装置部は、(1)粗研磨装置部、(2)精密研磨装置部の 2 つの装置部から構成され全体図をそれぞれ示す。



図 1 粗研磨装置部全体図



図 2 精密研磨装置部全体図

## (ウ) - 2 実験内容

精密研磨装置部において装置ベースの振動低減効果を評価すべく振動測定実験を行った。評価装置としては、接触式振動計を用い、加速度を評価指標として装置ベースの振動を測定し、改造前後における比較評価を行った。

また、これら2つの装置部は他の装置部と第2章 に示すとおり統合して「高効率研磨システム」として再構成し、システムとして試料の研磨実験を行った。

実験に用いた研磨流体は、溶媒に純水を使用し、砥粒に酸化セリウムを混合したスラリーを上定盤から供給し、研磨時間 30 分と設定して研磨実験を行った。その結果、昨年度と比較して研磨特性は大幅に改善された。詳細は第2章 項にて記述する。

さらに、電界装置を用いた電界印加研磨試験、試料搬送機構を用いた試料の装置間搬送試験も合わせて行った。この2つの試験概要についても第2章 項にて述べる。

## (エ) 研究成果

表面粗さ 3nm PV 以下、更に新たな指標として平坦度 3 ( = 632.8nm ) 以内の達成を目指し、粗研磨装置部と精密研磨装置部のパレット駆動機構の改造、パッド高精度化機構の導入、精密研磨装置部の装置ベースの再構築を行った。その結果、振動評価実験としては、昨年度同条件にて  $0.2\text{m/s}^2$  だった振動が  $0.0\text{m/s}^2$  と評価装置で検出できないほどに低減することができた。また表面粗さにおいては 6.8nm PV、平坦度としては一度に研磨を行った 17 枚の試料において、ベスト値 1.02 、ワースト値 1.81 といずれも事業目標を達成した。

# 電極ポリシングパッドの開発

## (ア) プロジェクト全体における本研究部門の位置づけ

次世代情報家電向け研磨システムの粗研磨装置部、精密研磨装置部に導入する電界砥粒制御技術で使用する電極ポリシングパッドを開発する。

## (イ) 目的と目標

研磨装置部のスラリーに電界を効率よく与えるために、厚み寸法を抑えた電極ポリシングパッドを開発することを目的とする。平成 20 年度 400 の銅円盤を一体成形する方法で製作し、1.4kV の印加下で動作する電極ポリシングパッドを開発した。平成 21 年度は、より高い安全性と電気絶縁性の要求と新たな指標である平坦度を向上させるための電界供給方法について検討を行う。そのため、研磨定盤内に絶縁処理を施し、電極を封止する新たな方式として、定盤一体型電極ポリシングパッドを研究開発する。

## (ウ) 研究内容

### (ウ) 定盤一体型電極ポリシングパッドの開発

定盤一体型電極ポリシングパッドは、平坦性を維持するための定盤部と、電界を供給するための電極部からなる。さらに電極部は、電極本体と2枚のサポート基板からなり、このサポート基板で電極を封止して絶縁耐力を高めて、電界砥粒制御技術にて印加する電界強度を高める。これらの新たな方式を採用した定盤一体型電極ポリシングパッドの

設計を実施した。

図1に電極として用いる厚さ0.5mmの銅板を示す。これを作製したサポート基板2枚で挟み、図2に示すような電極ポリシングパッドとして製作した。これを定盤と組み合わせ、図3に示すような定盤一体型ポリシングパッドを開発した。

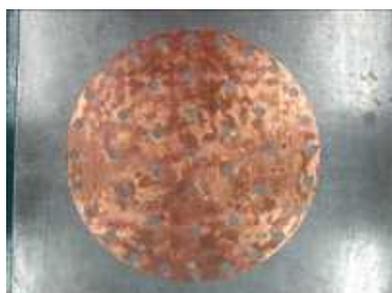


図1 t=0.5銅板

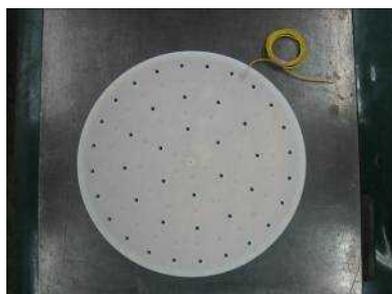


図2 電極ポリシングパッド



図3定盤一体型ポリシングパッド完成写真

## 研究成果

研磨試料平坦性の向上と、安全に電界を供給することを両立するため、定盤一体型電極ポリシングパッドの開発を実施し、絶縁耐圧4.0kV以上の耐圧性能を有する定盤一体型電極ポリシングパッドを開発した。

平成19年度	平成20年度	平成21年度
0.8kV	1.4kV	4.0kV

## 高能率研磨流体の解析

### (ア) プロジェクト全体における本研究部門の位置づけ

次世代情報家電向け研磨システムの研磨装置部は、高効率な研磨を実現するために、中心軸を排除し、上下定盤は旋回運動をしながら研磨する。

この方式において高品位な研磨特性を得るため、スラリーを均一に供給する必要がある。そこで、上下定盤の旋回運動中におけるスラリーの流れをシミュレーション解析し、最適なスラリー供給方法を提案する。

### (イ) 目的と目標

平成20年度は、上部定盤の旋回運動と一方向(X-Y)運動を組み込んで研磨定盤下におけるスラリーの流れ状態を解析するシミュレーション技術確立した。

平成21年度は、上部定盤の旋回運動と下部定盤の運動をスラリー流入とあわせてシミュレーション可能な技術開発を行う。

また、研磨装置部においてより研磨環境に近い解析モデルを検討し、研磨実験結果との比較検討しながら解析を実施する。良好なスラリー供給条件および上下定盤運動条件を検討し、高効率・高精度研磨技術の要素技術確立を目指す。

## (ウ) 研究内容

### (ウ) - 1 スラリー流動基礎

ガラス研磨における研磨メカニズムは、スラリー中の砥粒と水と試料が化学反応を生じ、試料最表面において水和物を形成することが知られている。パッド ガラス試料との間において相対運動を与えることで、砥粒は転動運動を生じ、研磨作用が発生する。

本研究開発では、上下定盤の旋回運動中において、スラリー流れがどのように状態を形成するのか、スラリー流体の解析シミュレーションを実施した。

### (ウ) - 2 解析シミュレーションソフト

解析には汎用流体解析ソフトウェア CFD2000 V5.2(米国 Adaptive Research 社)を使用した。

基礎方程式は質量保存に関する連続の式(1)、運動量に関する Navier-Stokes 方程式(2)で構成される。

これらの式を有限体積法にて離散化を行っている。

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \vec{v}) = 0 \dots\dots\dots (1)$$

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho \vec{v}) + \nabla \cdot (\rho \vec{v} \vec{v}) = -\nabla p + [\mu \Delta (\vec{v} + \vec{v}^T)] + \vec{F} \dots\dots\dots (2)$$

$\rho$  : 流体密度

$v$  : 速度

$\mu$  : 粘性係数

$t$  : 時間

$p$  : 圧力

$F$  : 外力

$F$ は外力項であり、ここでは重力を考慮している。

### (ウ) - 3 解析モデルの構築

研磨装置部に搭載されている上部研磨定盤は、円盤形状で等間隔にスラリー流入口が複数あり、下部定盤には研磨試料が等間隔に並んでいる。

解析モデルは、研磨装置の研磨定盤サイズ 400[mm]を 400[mm] × 400[mm]の正方形形状とし、上部定盤と下部定盤との間隔は 1[mm]とした。

スラリー流入口は、合計面積を変えずに、流入口数を 8 個とし、流入口形状は、円形形状から正方形形状に近似したモデルとした。

### (ウ) - 4 流体解析条件

本解析では上部定盤研磨パッドの下面、下部定盤パッド上面との隙間に流れるスラリー流れの解析を以下の条件で実施した。

スラリーの物性値は水とした。また、上部定盤研磨パッドの下面、下部定盤研磨試料上面には外部からの圧力が発生しないと仮定し、ゲージ圧で 0[Pa]とした。

この場合のレイノルズ数は、代表速度をスラリー流入口付近の速度 0.368[m/s]、代表長さを上部定盤と下部定盤との間隔 1[mm]、水の動粘度を用いて算出すると、412 と

低レイノルズ数となるため、解析には層流条件を採用した。

粒子軌跡のためのスラリー粒子は研磨実験に使用している粒子径 0.5[ $\mu\text{m}$ ]とし、密度はセリウム密度 6689[ $\text{kg}/\text{m}^3$ ]とした。

用いた基本解析条件一覧を表 1 に示す。

表 1. 基本解析条件

項目	内容
作動流体	水
流体温度[K]	300
解析条件	層流
圧力条件[Pa]	0
解析モデルサイズ[mm]	400 × 400
流入口数	8
上部定盤と下部定盤との間隔[mm]	1
スラリー粒子径[ $\mu\text{m}$ ]	0.5
スラリー粒子(セリウム)密度[ $\text{kg}/\text{m}^3$ ]	6689

#### (ウ) - 5 定盤運動解析条件

解析に用いた定盤運動条件は、一般的な研磨装置が採用している軸回転運動方式と、本研究開発の上下定盤が採用する旋回運動方式の 2 種類について検討した。

それぞれ、軸回転運動条件を表 2、上下定盤旋回運動条件を表 3 に示す。

表 2. 軸回転運動条件

項目	内容
軸回転運動回転数[rpm]	40

表 3. 上下定盤旋回運動条件

項目	内容
上部定盤旋回回転数[rpm]	40
下部定盤旋回回転数[rpm]	40

#### (エ) 研究成果

上部定盤の旋回運動と下部定盤の運動をスラリー流入とあわせたシミュレーションを実施し、本事業の研磨装置部の動作を近似した旋回運動モデルについて解析した。また、既存の方式を想定した軸回転運動方式も合わせて解析し、スラリーのベクトル解析、濃度分布解析、粒子追跡解析を行って二つの方式を比較した。

その結果、軸回転運動方式では、研磨スラリーは外周部付近で遠心力による排出効果を示し、既存装置における定盤内周部と外周部で研磨状態が異なる実験事実とほぼ一致する結果を確認できた。一方、旋回運動方式においては、定盤内全域にわたって研磨スラリーは楕円旋回運動軌跡を示した。これよりスラリーの排出が抑制されることが見出され、より均一な研磨状態を呈する可能性を得た。

また、旋回運動方式におけるスラリー流量依存性についてシミュレーションを行い、本方式においては、スラリー投入量が研磨品位に及ぼす影響が大きい可能性が得られ、研磨装置部に用いるスラリー投入量について提案した。

## スラリー精密投与装置部の開発

### (ア) プロジェクト全体における本研究部門の位置づけ

次世代情報家電向け研磨システムにおけるスラリー精密投与装置部の開発を行う。

### (イ) 目的と目標

研磨品質の向上のために有効なスラリー供給方法について、スラリー投与を精密に制御する装置を開発することを目的とする。平成 19 年度は、上定盤よりスラリー投入量が制御可能な装置部を試作した。平成 20 年度は、粗研磨装置部、精密研磨装置部間で粒径の異なる砥粒の混入防止のために、同装置部を 1 台増設し、これにより粗研磨・精密研磨装置部毎にスラリー供給が可能な独立方式を確立した。平成 21 年度は、研磨特性向上を目的とし、流体解析シミュレーションで得られた解析結果を基に、スラリー供給量の最適化を目指す。

### (ウ) 研究内容

#### (ウ) - 1 装置の全体概要

一般的に研磨加工において、工程毎に使用する砥粒の種類や粒径を変えながら試料を仕上げている。本システムにも、粗研磨装置部、精密研磨装置部において砥粒の使い分けを行うために、粗研磨用スラリー精密投与装置と精密研磨用スラリー精密投与装置の 2 つの装置より構成される。図 1、図 2 に前記装置の全体図を示す。本装置部は図に示すように、研磨スラリーの貯槽、供給ポンプ、砥粒の沈降、凝集を防ぐスラリーの攪拌を行う攪拌機、スラリー溶媒である純水装置及び純水の品質管理を行うための導電率計、スラリー流量を精密に制御するための定流量弁より構成される。



図 1 粗研磨用スラリー精密投与装置

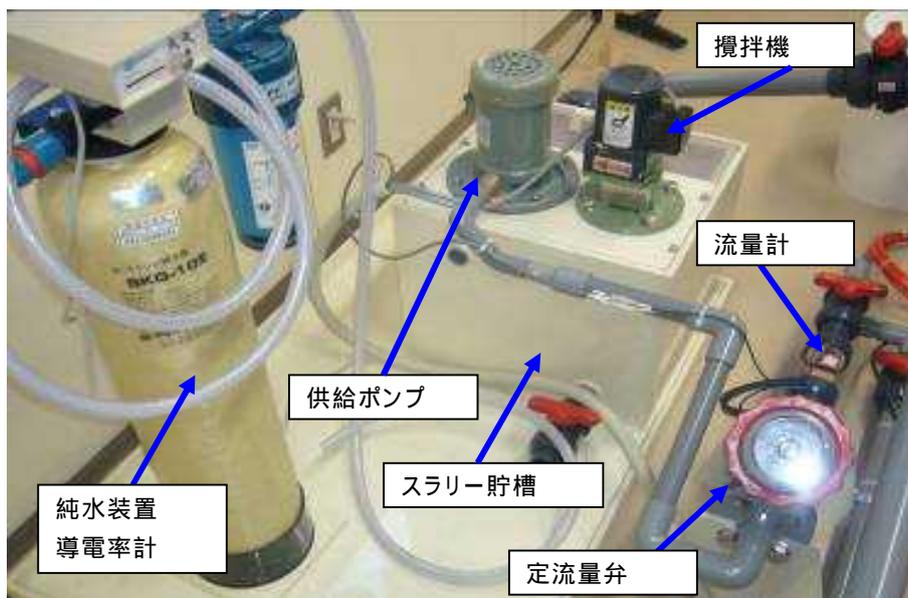


図 2 精密研磨用スラリー精密投与装置

## (ウ) - 2 スラリー供給量最適化試験結果

最適なスラリー供給量を得る為、前記図 1、2 に示した装置部を用い、スラリー流量を変化させた研磨実験を行った。実験条件としては、第 2 章 項の解析結果を基にスラリーの供給量は 5 /min、10 /min、15 /min と 3 種類の条件にて 30 分間研磨を行い、研磨前後の試料厚みの差を触針式の厚さ計を用いて 5 点計測した。各条件における除去量の平均値を図 3 示す。流量の増加に伴い、研磨除去量が増加することが判る。

遊離砥粒研磨法において、砥粒の転動により研磨が進行するというメカニズム上、スラリー供給量の増加により試料に対して作用する砥粒が増加し、除去量の増加につながったのではないかと考える。

次に、5 /min、15 /min の二つの条件における平坦度の比較を行った。研磨後の 17 枚の試料を ZYGO 製フィゾー干渉計にて計測し、各流量における試料平坦度の平均値を比較した結果を図 4 に示す。図に示すように、流量が 5 /min のときの平坦度が 2.2、15 /min のときの平坦度が 1.4 と除去量と同様に流量の増加によって平坦度が向上した。この要因としては、シミュレーション結果でも示されるように、5 /min では研磨領域内には十分にスラリー供給ができず、研磨除去量の低下が見られる。15 /min では新鮮なスラリーが随時供給されるため研磨領域内に十分にスラリーが行きわたったことで、全ての試料に砥粒が良好に作用し、高品位な研磨が実現したと考える。

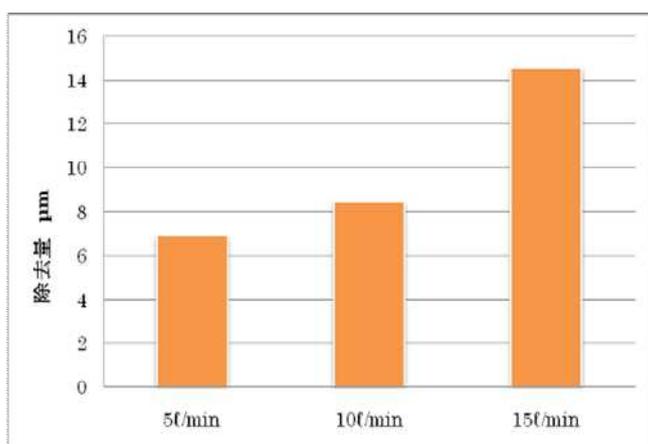


図 3 研磨除去量比較図

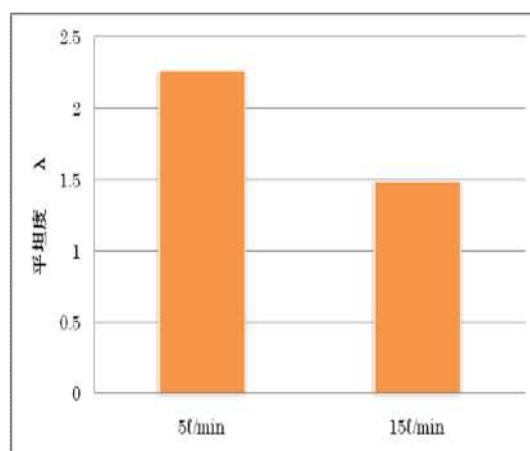


図 4 平坦度比較図

## (エ) 研究成果

流体シミュレーションの解析結果を基に、スラリー供給量のパラメーターを振り研磨試験を行った。除去量及び平坦度を指標として評価を行った結果、スラリー供給量 15 /min のときに除去量、平坦度共に良好な結果が得られ、本システムにおける実験を通したスラリー流量の基礎的な知見とシミュレーションにおける結論とが合致する結果を得た。研磨システムとして本装置部を統合して行った研究成果に関しては第 2 章 項にて述べる。

## 加工屑最適洗浄装置部の開発

### (ア) プロジェクト全体における本研究部門の位置づけ

次世代情報家電向け研磨システムの粗研磨装置部、精密研磨装置部で研磨時に発生する加工屑の付着・再付着を抑え、加工屑を高効率に排出するための洗浄水を供給するシステムを開発する。

### (イ) 目的と目標

各研磨装置部に発生する加工屑を洗浄・排出することで、試料への再付着を抑えて高品位な研磨試料が短時間に得ることを目的とする。平成 19 年度は、洗浄水を供給する加工屑洗浄装置部の開発を行い、その動作確認を行った。平成 20 年度は洗浄廃液ストック槽を増設し、研磨試料及び定盤面の洗浄液をストックする事が可能となり、常に洗浄水として純水を供給することで、より高精度な洗浄が可能となった。

平成 21 年度は洗浄方式の最適化を目的とし、次工程の装置部への砥粒の持ち込みを防ぐシステム洗浄方式の確立を目指す。

### (ウ) 研究内容

#### (ウ) - 1 装置の全体概要

本装置部の全体図を図 1 に示す。純水製造装置、洗浄液貯槽、洗浄液供給ポンプ、供給配管中に流量を測定する洗浄液流量計と純水の品位を計測する導電率計を備えている。

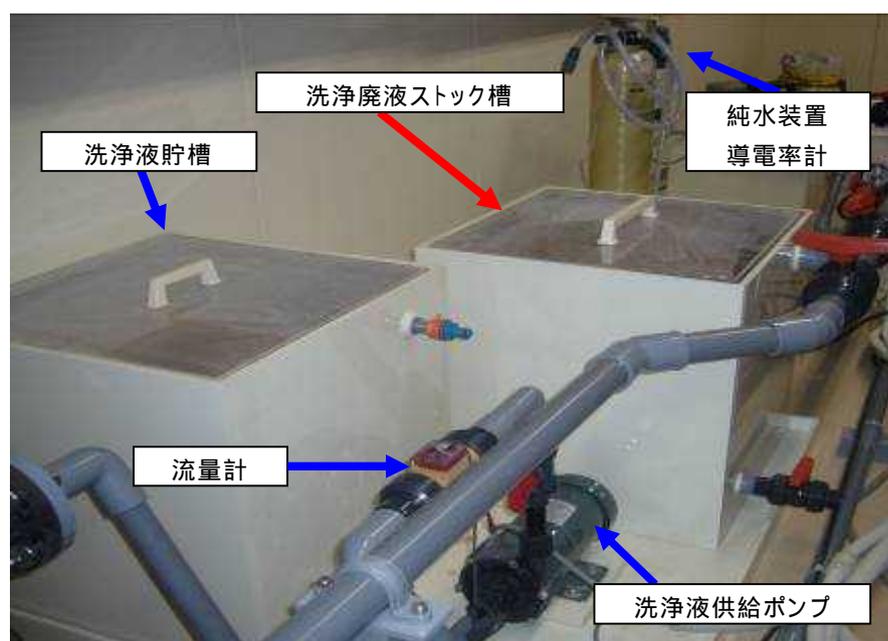


図 1 加工屑最適洗浄装置部 全体図

#### (ウ) - 2 洗浄試験

本装置を用いて研磨後の試料に対する洗浄試験を行った。図 2 に示すように、研磨終了後の試料上には研磨スラリーと研磨中に発生した加工屑が多量に付着している。昨年度は本装置を用いて純水流量 10L/min にて 5 分間の流水洗浄を行い、図 3 に示すような洗浄効果を得た。しかし、試料表面には砥粒が残存しており、粗研磨装置部に

て使用されている粒径の大きな砥粒を除去しなければ次工程の精密研磨装置部に持ち込まれ、仕上がりに悪影響を与える。



図2 研磨後 試料状態

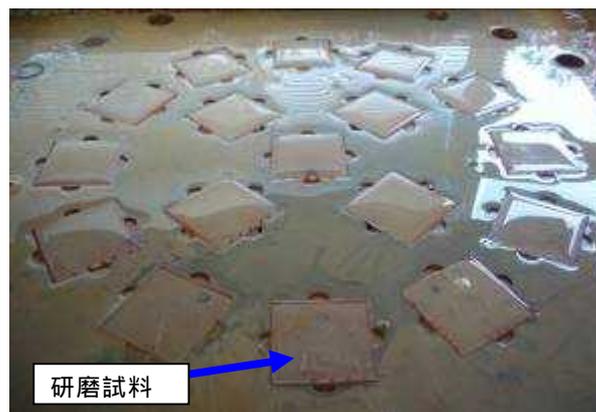


図3 洗浄後 試料状態

そこで本年度は、高精度な洗浄工程の確立を図るために、研磨工程終了直後の試料に洗浄液、極低圧力を与えながら試料と研磨パッドを3分間摺動させ洗浄を行った。図4に昨年度と同方式による洗浄結果と本年度方式による洗浄結果の比較図を示す。

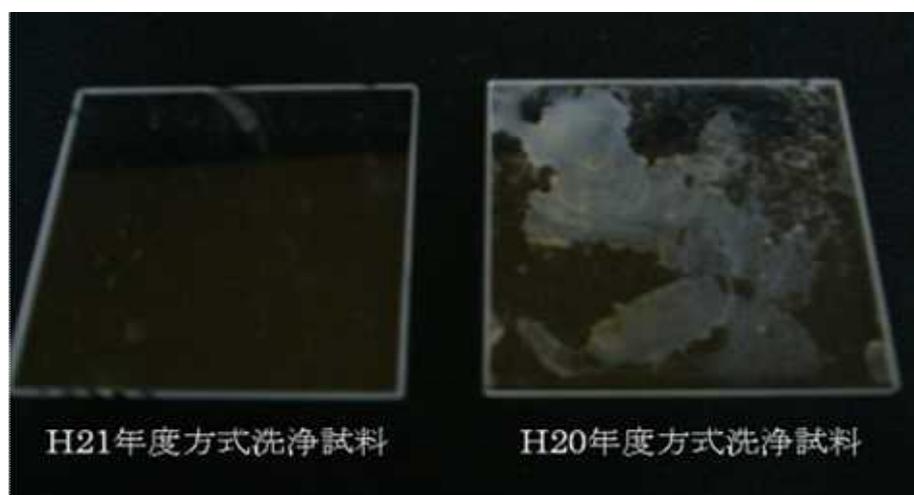


図4 H20、H21 洗浄後試料比較図

図4に示すように、平成21年度の試験結果にて、試料表面の砥粒残存面積を大幅に縮小できた。この画像から砥粒占有面積を算出し、評価を行った。その結果、平成20年度の洗浄方式では32.2%、本年度の洗浄方式では1.21%の砥粒残存率となり昨年度の1/30程度に低減したことを確認した。

## (エ) 研究成果

平成19年度及び平成20年度に製作、改造を行った加工屑最適洗浄装置部を用いて、試料洗浄試験を実施した。極低圧下における研磨パッドと試料との接触摺動によって、洗浄後の砥粒残存率を昨年度の1/30に低減可能なことを得た。これにより、粗研磨装置部から精密研磨装置部への砥粒の持ち込みが大幅に低減し、スクラッチ痕の抑制が可能となり、試料の加工品位の向上が期待できる。

# 環境に配慮した研磨技術の開発

## (スラリー分別処理実験装置部の開発)

### (ア) プロジェクト全体における本研究部門の位置づけ

次世代情報家電向け研磨システムにおいて、研磨屑と砥粒が含まれる使用済みのスラリーを分離する環境に配慮した技術を開発する。

### (イ) 目的と目標

本研究の目的は、研磨スラリーに内在する加工屑を分離する技術を開発することである。

平成 19 年度は、装置の試作を行い、遠心力による分離技術の基礎的な知見を得た。

平成 20 年度は、高電圧印加可能な装置改造を行い、電界を用いた分離技術の基礎的な知見を得た。平成 21 年度は、処理装置の大容量化を目的として平成 20 年度の 1.5 倍以上の処理能力を目標とし装置改造を行う。そして、印加電圧・周波数・回転数・分離筒内形状・電極形状をパラメーターとしてスラリー中の未使用砥粒を効果的に分離可能な条件を得る事を目的とした。

### (ウ) 研究内容

#### (ウ) - 1 試作装置の概要

スラリー分別処理実験装置は、研磨後のスラリー中に含まれる砥粒と加工屑を、遠心力及び電界による吸引力を用いて、分離する実験装置である。図 1 に装置外観図を示す。

本年度は各種条件下で分離効果を評価するため、昨年度実験した印加電圧・周波数・回転数のパラメーターに加え、分離筒の大容量化を行い、分離筒内形状、電極形状などの交換可能な実験装置に改造した。

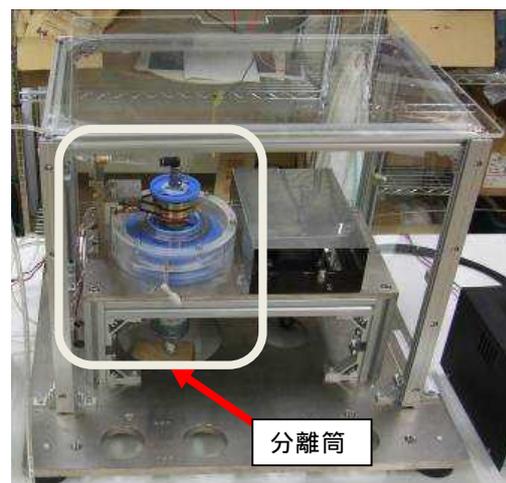


図1 スラリー分離実験装置外観図

本年度は、分離筒の構造の変更し、配置位置による砥粒分布の影響について検討した。

(ウ) - 2 実験試料

はじめに図 2 に SEM を用いて観察した未使用スラリー内の砥粒と使用済みスラリー内の砥粒や加工屑を観察した。使用済みのスラリーには加工屑を含む粒径の大きな砥粒が混在することが確認できた。

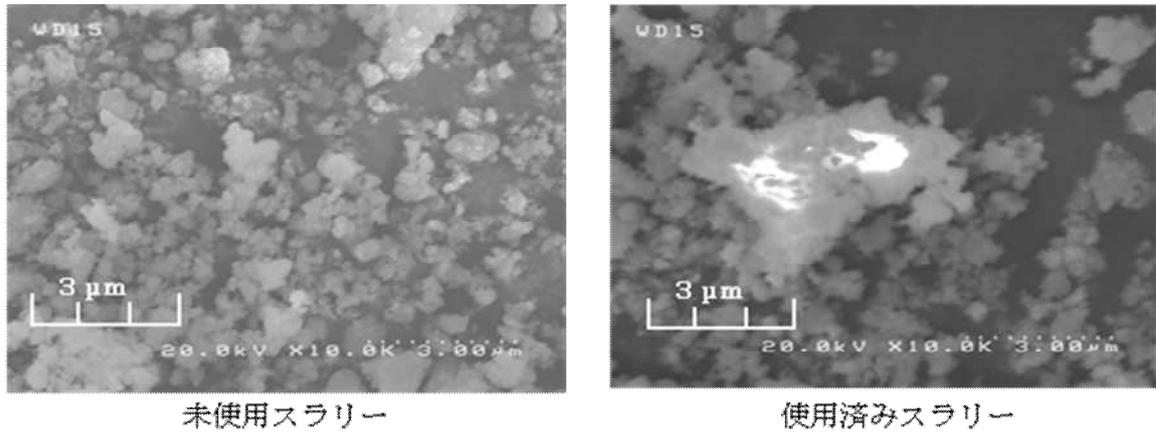


図 2 スラリー内砥粒 SEM 観察像

このスラリーは粒度分布計を用いて測定した結果を図 3-(a) に、スラリーをスライドガラス上に滴下・乾燥させた状態の砥粒の高さ分布を、ZYGO 製 NewView6300 を用い測定する方法を提案し採用した。その結果を図 3-(b) に示す。どちらの計測結果も同様に、スラリー中の未使用砥粒は  $0.3\mu\text{m}$ 、使用済みスラリーは  $1.2\mu\text{m}$  周辺に粒子のピークが存在していることから、 $0.5\mu\text{m}$  以下の粒度分布を有する砥粒を未使用砥粒群とし、 $1.2\mu\text{m}$  以上の粒度分布を有する砥粒は加工屑を含む使用済み砥粒群であると定義した。

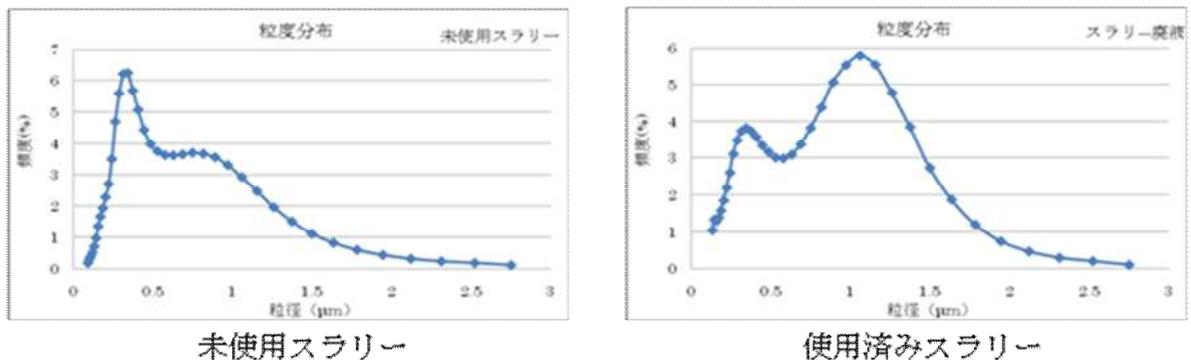


図 3-(a) 粒度分布計 測定結果

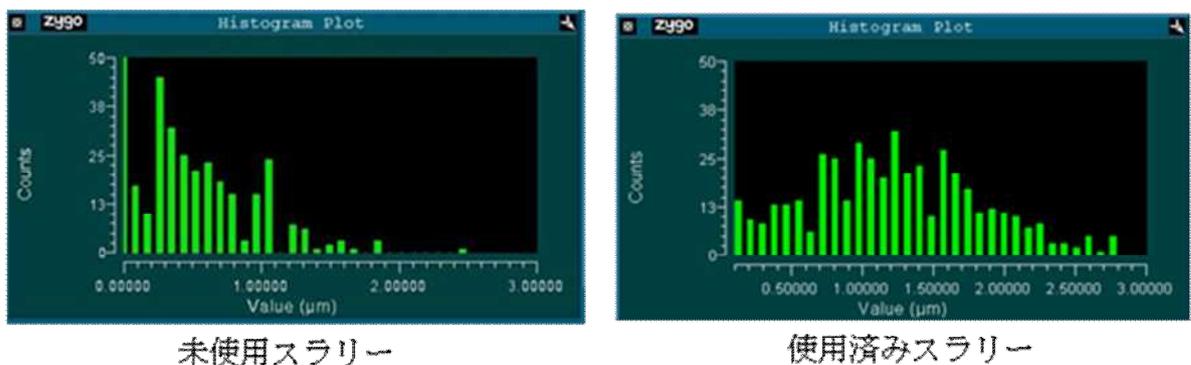


図 3-(b) 砥粒高さ分布測定結果

## (ウ) - 5 研究成果

スラリー分別処理実験装置の改造を実施し、昨年度の1.5倍の分離筒処理能力を得た。また、本装置を用いて、スラリーに作用させる電界と遠心力の各種条件における実験を行った結果、研磨に悪影響を与える研磨加工屑を含んだ大サイズの砥粒を分離可能なこと、未使用砥粒を回収可能な条件を得た。

今後は、効率的に未使用砥粒と加工屑を含む砥粒の分離を行う条件の確立及び特許化を目指し研究の継続を検討する。

## 高効率研磨装置研磨システムの開発

### (ア) プロジェクト全体における本研究部門の位置づけ

次世代情報家電向け研磨システムとして、各構成要素部を組み合わせることで構築したシステムとして開発する。

### (イ) 目的と目標

次世代情報家電向け研磨システムを構築することを目的とし、平成19年度は各部構成要素について研磨実験を行い、試料搭載枚数3.4倍、表面粗さ20nm PV、形状精度2.1nm rms という結果を得た。表面粗さについては、設定した目標値5nm PVに達することができなかった。

平成20年度は5つの装置部を改造し、既存の装置に比べて生産効率は5.1倍（生産能力3.4倍×研磨レート1.5倍）、研磨特性は、表面粗さ10.4nm PV、形状精度1.1nm rmsを得た。生産効率並びに形状精度は最終年度事業目標値を達成したが、表面粗さは、目標値である4nm PVに達する事が出来なかった。また、ユーザーのニーズを反映して平坦度を指標に加え測定した結果5（ $\sigma = 632.8\text{nm}$ ）であった。

平成21年度は本研磨システムの完成を目的とし、二つの研磨装置部並びにスラリー分別処理実験装置部の改造を実施する。目標値としては表面粗さは3nm PV、平坦度は3以内とする。

### (ウ) 研究内容

#### (ウ) - 1 試作装置部の概要

本システムは、粗研磨装置部、精密研磨装置部、スラリー精密投与装置部、加工屑最適洗浄装置部、スラリー分別処理実験装置部の5つの装置部より構成される。改造後の粗研磨、精密研磨装置部及びスラリー分別処理実験装置部システム全体図を図1に示す。



図 1 改造後の次世代情報家電向け研磨システム全

### (ウ) - 2 研磨特性評価試験

第 2 章 項でも述べたように、研磨スラリーとしては純水に酸化セリウムを混合して作製し、これを上定盤から供給し、研磨評価時間は 30 分にて実験を行った。表面粗さの指標については、ZYGO 製 NewView6300 を用いて評価した。

図 2 に研磨前の試料測定結果を、図 3 に平成 19 年度、図 4 に平成 20 年度、図 5 に本年度の研磨後の測定結果をそれぞれ示す。

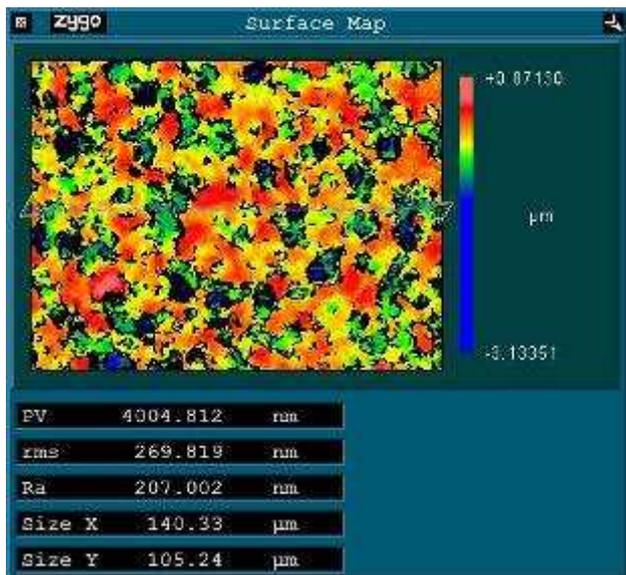


図 2 研磨前 試料表面性状

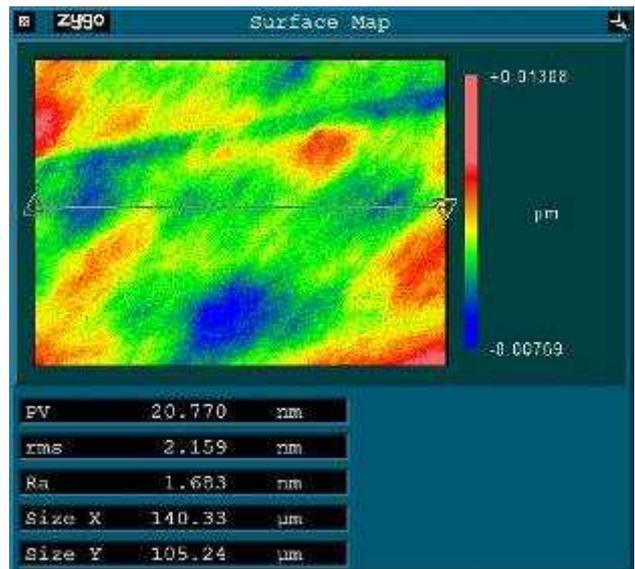


図 3 19 年度 研磨後試料表面性状

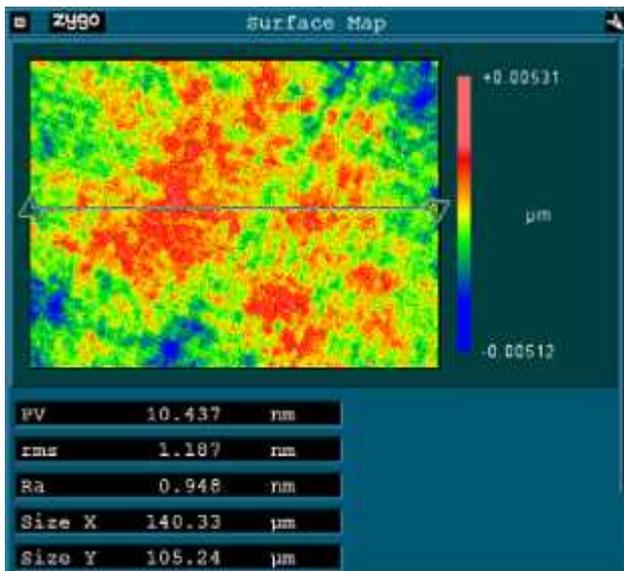


図 4 20 年度 研磨後試料表面性状

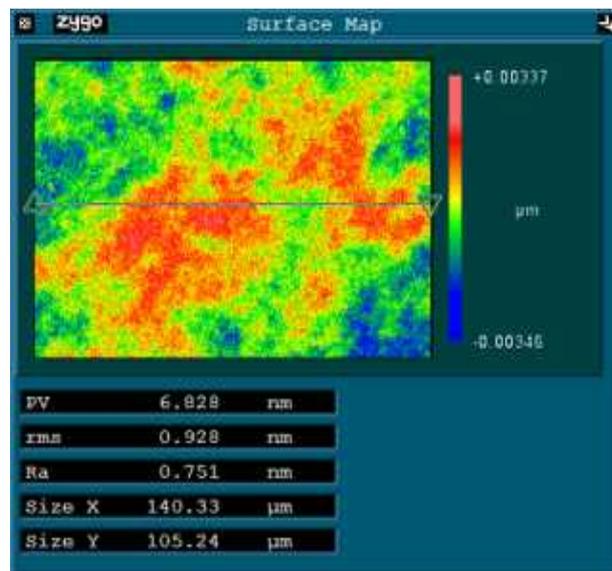


図 5 21 年度 研磨後試料表面性状

図 5 に示すように、PV 6.8nm、rms 0.9nm と、昨年度よりも表面性状の向上が得られた。しかし、目標値である 3nm PV に達する事が出来なかった。装置機械精度の向上や研磨荷重、定盤等の運動速度、及び定盤の精度等、更なるノウハウの蓄積が必要であると考えられ、最適化試験を継続し、高度化に対応するノウハウの蓄積を行う。

次に、本年度より新たに導入した指標である平坦度の評価結果について記す。研磨後の 17 枚の試料を、ZYGO 製フィゾー干渉計を用いて計測し、昨年度計測を行った平坦度と本年度の平坦度の比較図を図 6 に示す。本年度の改造にて精密研磨装置部試料搭載パレットの極低速自転運動を追加したことにより、黄色の棒グラフで示す 17 枚の試料の平均値に関しては、昨年度 2.5 が本年度は 1.5 と向上した。また、昨年度の平坦度ワースト値 4 以上が今年度は 1.8 と大幅に低減し、目標値である平坦度 3 以内を達成した。

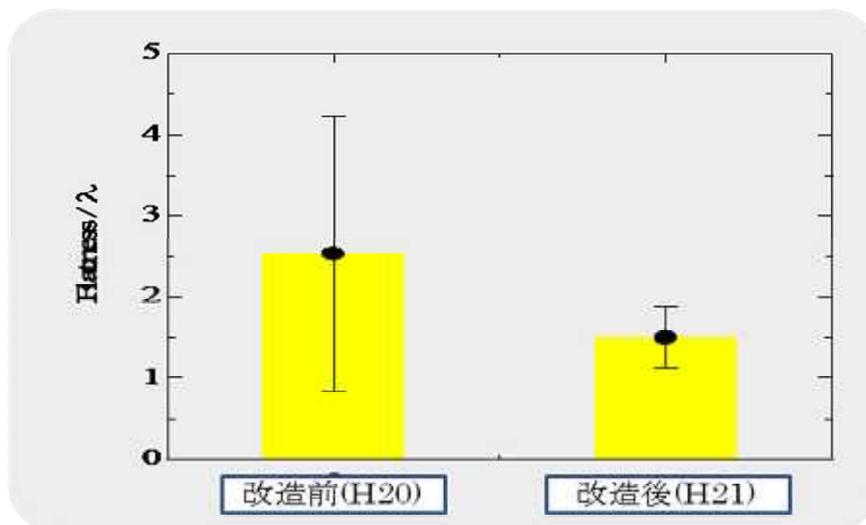


図 6 H20 年度、H21 年度平坦度比較

### (ウ) - 3 電界砥粒制御研磨試験

第 2 章 項で述べた定盤一体型ポリッシングパッドをそれぞれ上定盤、下定盤に搭載し、研磨スラリーは、純水に酸化セリウムを混合調整したものを上定盤から供給し、電界印加下にて 20 分間研磨試験を行った。

図 7 に無電界時と電界印加時の研磨除去量の比較図を示す。無電界下における研磨レートは  $10.8\mu\text{m}$ 、電界印加時の除去量が  $18.2\mu\text{m}$  と研磨レートがおおよそ 1.6 倍に向上した事が確認できた。

第 2 章 項でも述べたように、電極ポリッシングパッドの絶縁耐力が 1.4kV から 4kV に向上したことにより昨年度よりも高い印加電圧を供給することができ、研磨除去量が向上した。この結果を昨年度得た生産能率 3.4 倍と合わせると生産効率 5.4 倍を達成した。

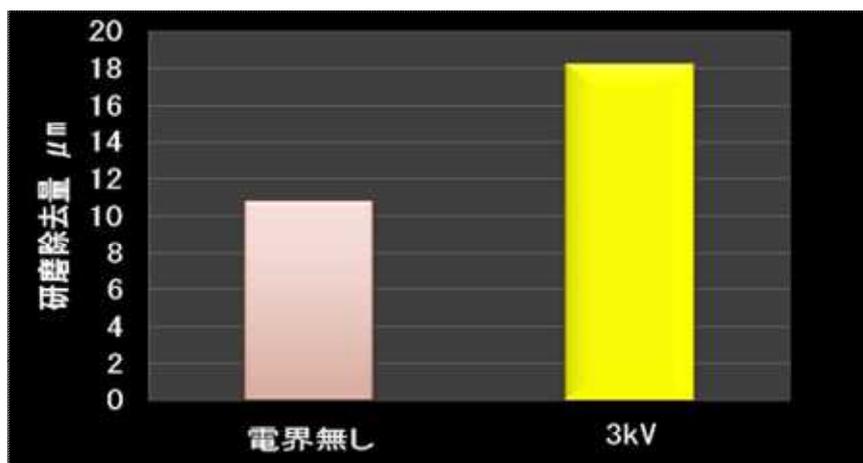


図 7 研磨除去量比較図

### (ウ) - 4 装置間試料搬送試験

次世代情報家電向け研磨システムの確立を目指し、第 2 章 項で述べた装置間試料搬送機構を用いて搬送試験を行った。表 1 に装置間搬送のフローチャートを示す。初めに図 8 に示すように、粗研磨装置部において研磨後の試料を真空エジェクターと吸着パッドを用いて吸着し、図 9 に示すように 2 台の前後移動アクチュエーターを用いて粗研磨装置外へ搬送した。そして、図 10 に示すように精密研磨装置部後方へ移動をさせ、前記アクチュエーターを用いて精密研磨装置部の研磨領域へ移動し、図 11、12 に示すように、試料搭載パレットの所定の抜き穴に全ての試料が試料搭載パレットにセットされ、精密研磨工程が可能状態に搬送することができた。

表 1 装置間搬送フローチャート

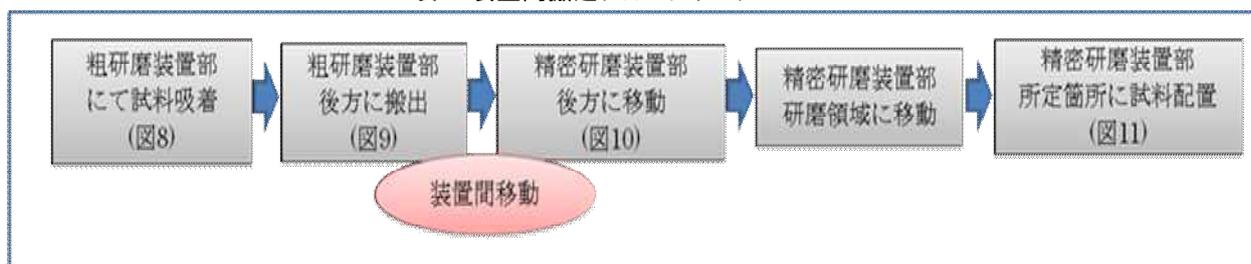




図 8 試料吸着図 (粗研磨装置部)



図 9 粗研磨装置外 試料搬出図



図 10 精密研磨装置部後方配置図



図 11 試料配置図 (精密研磨装置部)



図 12 試料搬送完了図(精密研磨装置)

## (エ) 研究成果

平成 20 年度で得た実験データを基に、粗研磨装置部、精密研磨装置部、スラリー分別処理実験装置部に対し改造を実施した。改造の結果、事業成果として既存の装置に比べて生産効率は 4 倍の目標に対し、5.4 倍（生産能力 3.4 倍 × 研磨レート 1.6 倍）の生産効率を実現した。研磨特性は、試料の表面粗さ 3nm PV 以下の目標に対し 6.8nm PV、形状精度 20nm rms の目標に対し 0.9nm rms の結果を実現した。また、平坦度は目標値 3 以内に対し、1.8 以内を実現した。

また、精密研磨装置部、粗研磨装置部の装置間試料搬送機構を有するシステム化に成功した。

今後は、達成できなかった指標である表面粗さの向上を狙い、機械精度等や加工条件等の最適化に向け継続して取り組む。また、事業化を目指し販売装置として安全性や作業性等についても検討を重ね販売デモ機の開発や各種展示会への出展等も併せて検討する。

## 第3章 全体総括

### 3 - 1 全体総括

平成 19 年度より 3 年間にわたって、次世代情報家電向け研磨システムの開発を行った。図 1 に本研磨システムの全体図を示す。このシステムは 5 つの装置部（粗研磨装置部、精密研磨装置部、スラリー精密投与装置部、加工屑最適洗浄装置部、スラリー分別処理実験装置部）からなる。これに電極ポリシングパッドの開発、研磨スラリーのシミュレーションを通して、高品位 高能率化を図った。

一方、研究期間中に川下企業（10 社）と積極的に情報交換を行いユーザーのニーズを把握し、平成 21 年度（最終年度）には、事業化を見据えて事業目標に研磨面の平坦度を加えた。

開発した研磨システムには 4 つの特徴がある。両面研磨装置の定盤駆動方式として旋回運動方式の導入に成功したこと。これにより研磨領域の拡大化し生産能力を既存方式に比べ 3.4 倍向上できたこと。秋田県産業技術総合研究センターが開発した電界砥粒制御技術を採用し、研磨レートを 1.6 倍向上できたこと。粗研磨装置と精密研磨装置を連結し、試料搬送を自動化することによって搬送事故の可能性を抑制するシステム構築に成功したこと。未使用砥粒と研磨屑との分離技術の可能性を見出し、未使用砥粒の回収を可能とすることで、砥粒の有効活用を可能とし、環境に配慮した研磨技術を確立した。



図 1 次世代情報家電向け研磨システム 全体図

表 1 次世代情報家電向け研磨システム事業目標及び研究成果

	H19 年度成果	H20 年度成果	H21 年度成果	事業目標
生産効率 (研磨レート ×生産能力)	4.42 倍 (1.3 × 3.4)	5.1 倍 (1.5 × 3.4)	5.4 倍 (1.6 × 3.4)	4 倍
表面粗さ	20.7nm PV	10.5nm PV	6.8nm PV	3nmPV
形状精度	2.1nm rms	1.5nm rms	0.9nm rms	20nm rms
平坦度		5 以内	1.8 以内	3 以内

## 3 - 2 事業終了後の方針

### (1) 補完研究について

次世代情報家電システムとして開発してきた本システムは、3年間の研究開発の結果、表1に示す通り、事業目標の生産効率、形状精度、平坦度については目標を達成できた。しかし、表面粗さの事業目標3nm PV以内には、6.8nm PVと達成できなかった。このため、今後、達成できなかった指標である表面粗さの向上を狙い、研磨定盤の品質・精度管理や加工条件等の最適化に向け補完研究として継続して取り組む必要がある。

上記の研究に加えて、研磨システム販売の際の技術データとして様々な研磨パッド・研磨砥粒を用いた実験を行い、事業化にあたっての技術的知見の蓄積を行う必要がある。

また、未使用砥粒と研磨屑との分離技術については分離条件範囲の蓄積を行い、特許化を目指し、継続して研究開発を続ける必要があると考える。

### (2) 事業化に向けた取り組み

本事業で開発したシステムを用いて研究開発を継続し、本事業で未達成であった表面粗さについて検討を行うとともに、さらなる高速研磨の検討などの技術データの蓄積を行う。また、本事業で開発したシステムは性能を追求したシステムとなっているため、販売装置としての安全性・作業性・製造コスト等の検討をすすめ、平成22年度に本システムをベースに事業化に向けた試作機の開発を行い、平成23年度に様々な展示会へ出展し、事業化活動を本格化することを予定している。