

長焦点深度イメージセンサ“DeFIS”

國枝達也* 河野裕之**
山縣浩作*
美濃部 正*

Deep Field Image Sensor

Tatsuya Kunieda, Kosaku Yamagata, Tadashi Minobe, Hiroyuki Kawano

要 旨

三菱電機では、複写機のADF (Auto Document Feeder) などに使用される裏面読取りデバイスとして、密着イメージセンサ (CIS) を開発・製造している。CISは小型で高画質な画像が得られるという特長を持ち、多くの複写機に搭載されている。しかしながら、CISの撮像系は焦点深度が浅いため、高画質な画像を得るには原稿にほぼ密着してスキャンする必要があり、複写機の原稿台側 (表面読取り) のスキャンには適用できなかった。

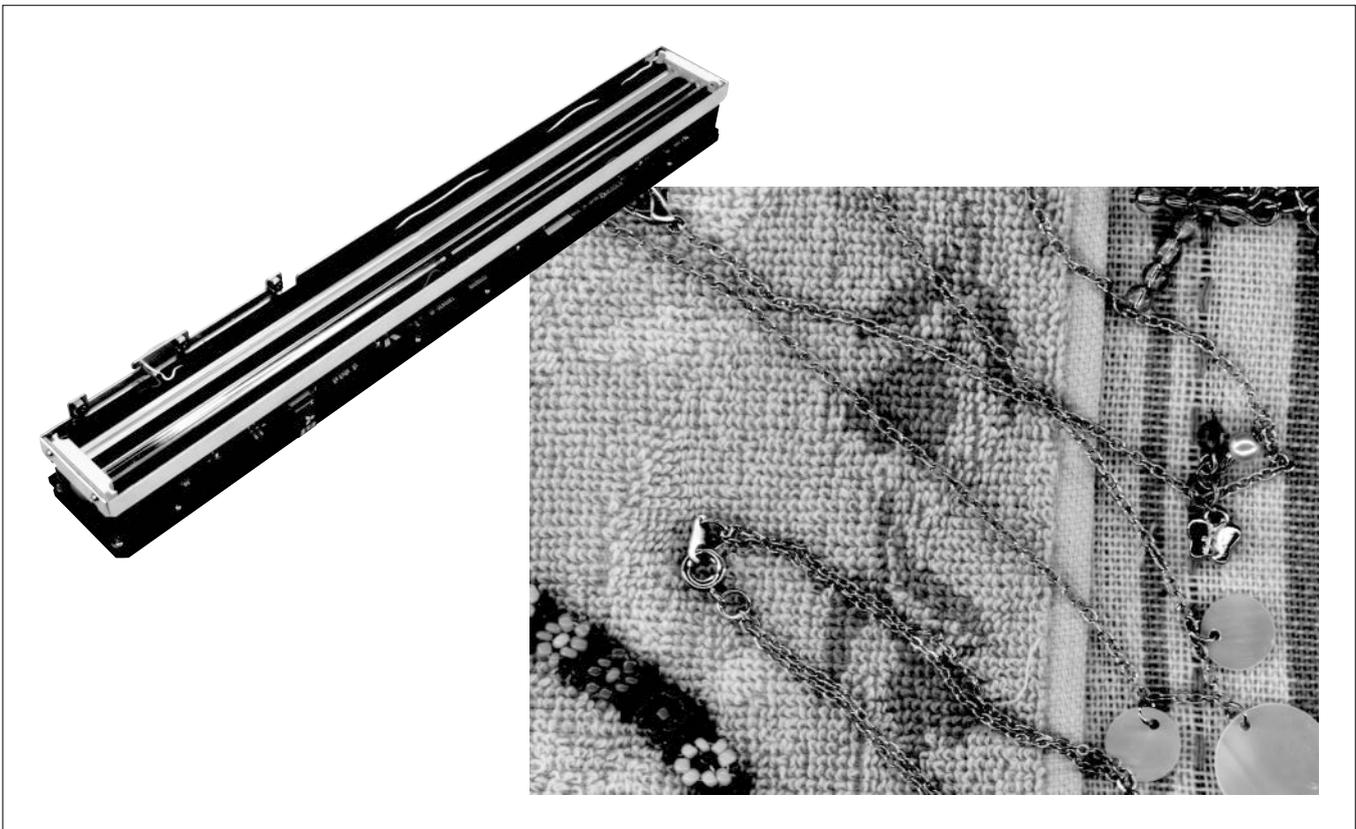
長焦点深度イメージセンサ“DeFIS”は、焦点深度が浅いという従来のCISの弱点を解消することで、複写機表面読

取り用途への展開をねらった新しい読取りデバイスである。撮像系に独自に開発した反射式のテレセントリック光学系^(注1)を複数個組み合わせて用いることで、従来の複写機の表面読取りデバイス (縮小光学系読取りデバイス) に匹敵する焦点深度を確保し、CISに迫る小型・軽量化を実現している。

本稿では、DeFISの構成と各部の特長、及び特長を裏付ける要素技術について述べる。

(注1) 主光線が原稿面に垂直入射する光学系で、原稿の距離が変化しても倍率が変わらない。

特集
II



長焦点深度イメージセンサ“DeFIS”の外観と凹凸のある原稿の取得画像例

長焦点深度イメージセンサ (DeFIS) によって、凹凸のある原稿も鮮明に読み取ることが可能となる。従来の複写機の表面読取りデバイス (縮小光学系読取りデバイス) に匹敵する焦点深度を確保し、CISに迫る小型・軽量化が可能となった。

1. ま え が き

長焦点深度イメージセンサは、従来の密着イメージセンサの弱点を解消することで、これまで適用が困難であった複写機表面読取り用途への展開をねらった新しい読取りデバイスである。

本稿では、DeFISの構成と各部の特長、及び特長を裏付ける要素技術について述べる。

2. デバイス

2.1 構成

DeFISの基本的な構成(図1)はCISと同様、①原稿を照明する照明系、②原稿の画像情報を光学的に結像させる撮像系、③結像された画像情報を電気信号に変換するセンサIC、④センサICのアナログ出力をデジタル変換するAFE(Analog Front End)、⑤デジタル変換した画像情報に信号処理を加えて客先システムへ出力する信号処理系から成る。これらのうちCISと大きく異なるのは②と⑤である。

2.2 主要諸元

DeFISの主な仕様を表1に示す。

2.3 特長

装置(複写機)の使用面から見た場合のDeFISの特長を次に示す。

(1) 焦点深度が深い

新開発の撮像系によって4mmの焦点深度を実現し、更に原稿距離が離れても画像は急激には劣化せず、自然なぼやけ感を確保している(表2)。なお、焦点深度は撮像系の明るさとのトレードオフの関係にあり、実用上必要な焦点深度を2mmとすれば、より明るい撮像系を構成することができ、照明系の消費電力を引き下げることが可能となる。

(2) 原稿距離を長く取ることができる

図2はDeFISの断面構造である。新開発の撮像系によって、デバイスと原稿の距離を大きく取ることが可能となっている。

(3) 画像歪(ひず)みが少ない

撮像系にテレセントリック光学系を使用しており、原稿距離が変化しても読み取る画像の大きさが変化しない(表3)。

表1. DeFISの主な仕様

項目	仕様	備考
撮像素子	CMOSラインセンサ	
画素密度	600dpi	
有効読取幅	310.2mm	
総画素数	8,192画素	
有効画素	7,328画素	画像結合処理後
ライン周期	90μs/line	
焦点深度範囲	ガラス面上0~2mm	
照明深度範囲	ガラス面上0~2mm	
物体間距離	6.9mm	原稿ガラス厚3.9mm時
データ出力方式	10ビット長デジタル出力	
データ通信	SPI準拠	
電源仕様	主電源: +5V×1.5A 光源用: +24V×0.7A	
外形	330×40×33(mm)	本体サイズ
質量	350g	

CMOS: Complementary Metal Oxide Semiconductor
SPI: Serial Peripheral Interface

表2. 解像度の比較

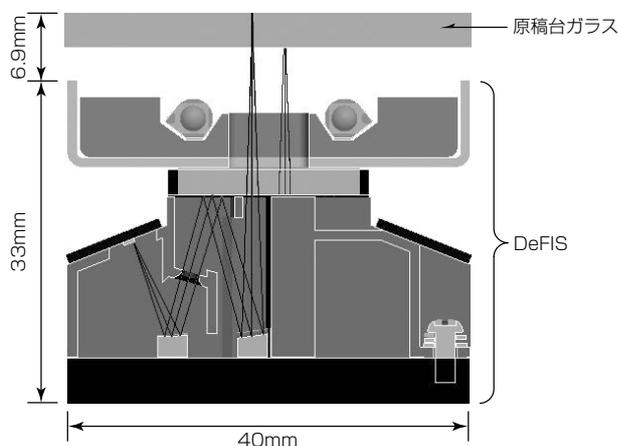
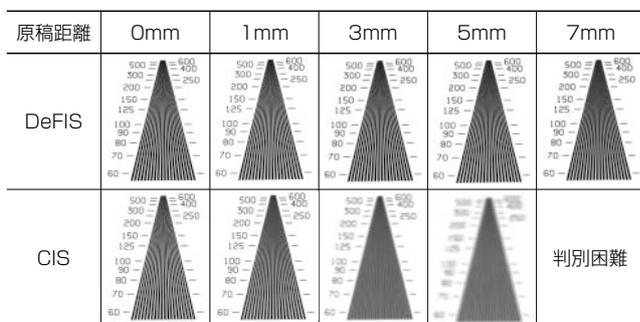


図2. DeFISの断面構造

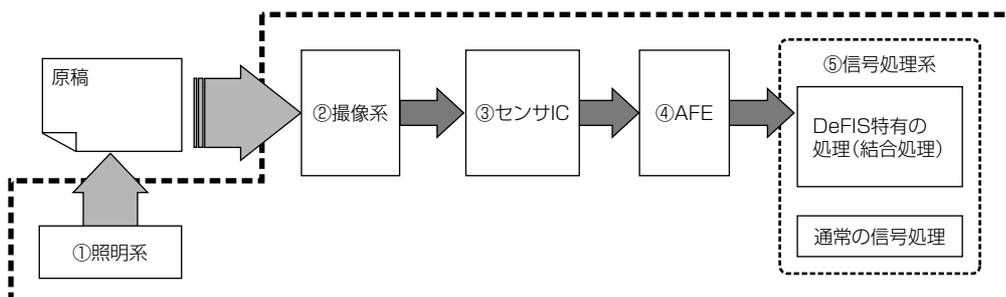


図1. DeFISの基本構成

(4) 画素欠落がない

従来のCISでは複数のセンサICチップを1ラインに並べる構成としており、センサチップ間の継ぎ目部分に隙間が必要なことからセンサチップごとに1画素の欠落が発生していた(図3)。DeFISでは隣接するセンサICを千鳥状に配列し相互にオーバーラップして読み取る構成とすることで画素欠落のない画像を得ることが可能となっている。

(5) 小型・軽量

従来の複写機表面読み取りと同等の性能を確保しながら、CISに迫るサイズダウンを実現しており、系全体の小型化が可能となっている(図4)。

表3. 画像歪みの比較

	折り目のある原稿	雑誌の折り目
DeFIS		
縮小光学系		

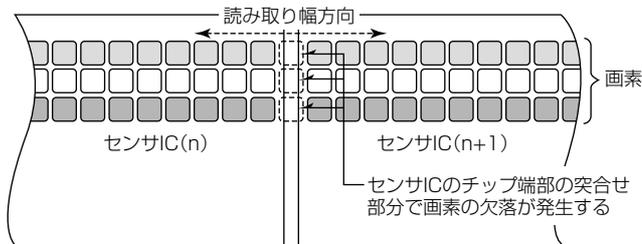


図3. 画素欠落が発生する理由

3. 要素技術

3.1 撮像系⁽¹⁾⁽²⁾

(1) 複眼セル構造

従来の複写機で用いられている縮小光学系方式の撮像系は、一つの大きい光学系(単眼)で構成されているため、長い物体距離が必要で、系が大きくなる問題があった。

DeFISでは読み取り領域を分割し、それぞれの読み取り領域に複数の小さな単位撮像系(光学セル)を対応させ、これらを組み合わせた構成(複眼)とすることによって、撮像系の物体距離を大幅に短縮し、装置の小型化を実現している(図5)。

(2) テレセントリック光学系

屈折率分布型のレンズアレーを使用した従来のCISでは、原稿距離によって転写倍率が変わるため、レンズアレーを構成するレンズの焦点深度以外に、隣接するレンズの画像との重なりがずれることによるボケの発生の問題があった。DeFISの撮像系では主光線が原稿面に垂直となるようなテレセントリック光学系を採用することによって、隣接する光学セル間の画像の重なりがずれが発生しないため、焦点深度は光学セル固有の焦点深度にだけ依存することとなり、深い焦点深度の確保を可能としている。

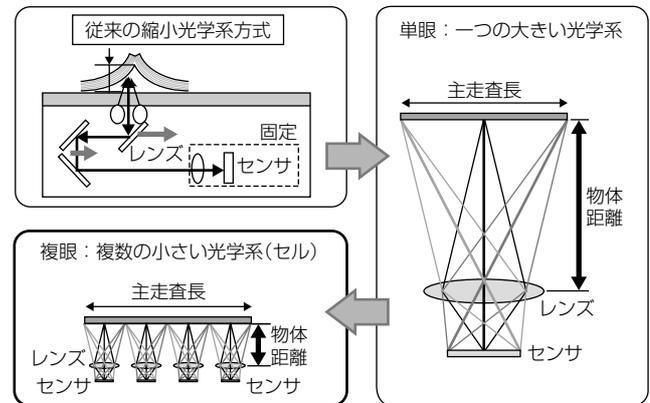


図5. 複眼セル構造

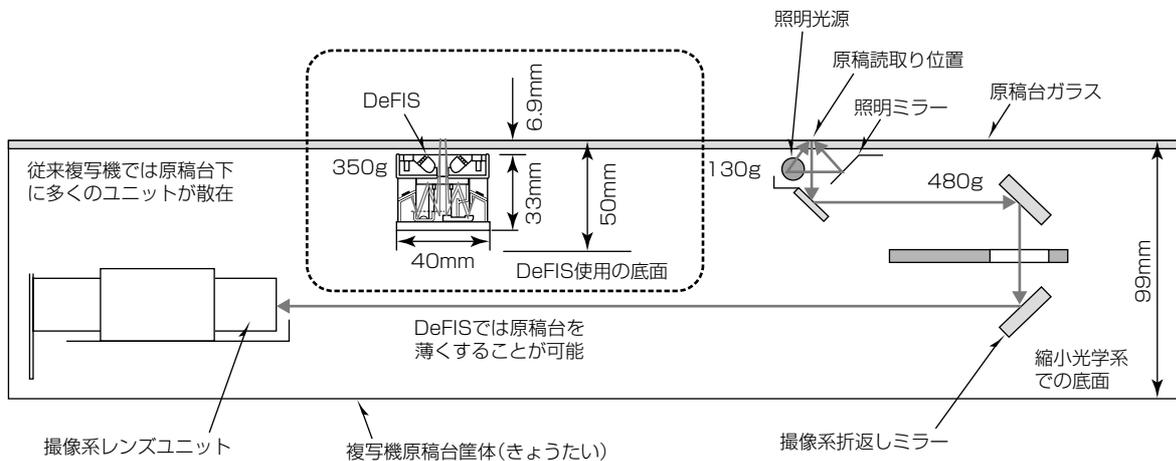


図4. 原稿台下の配置比較

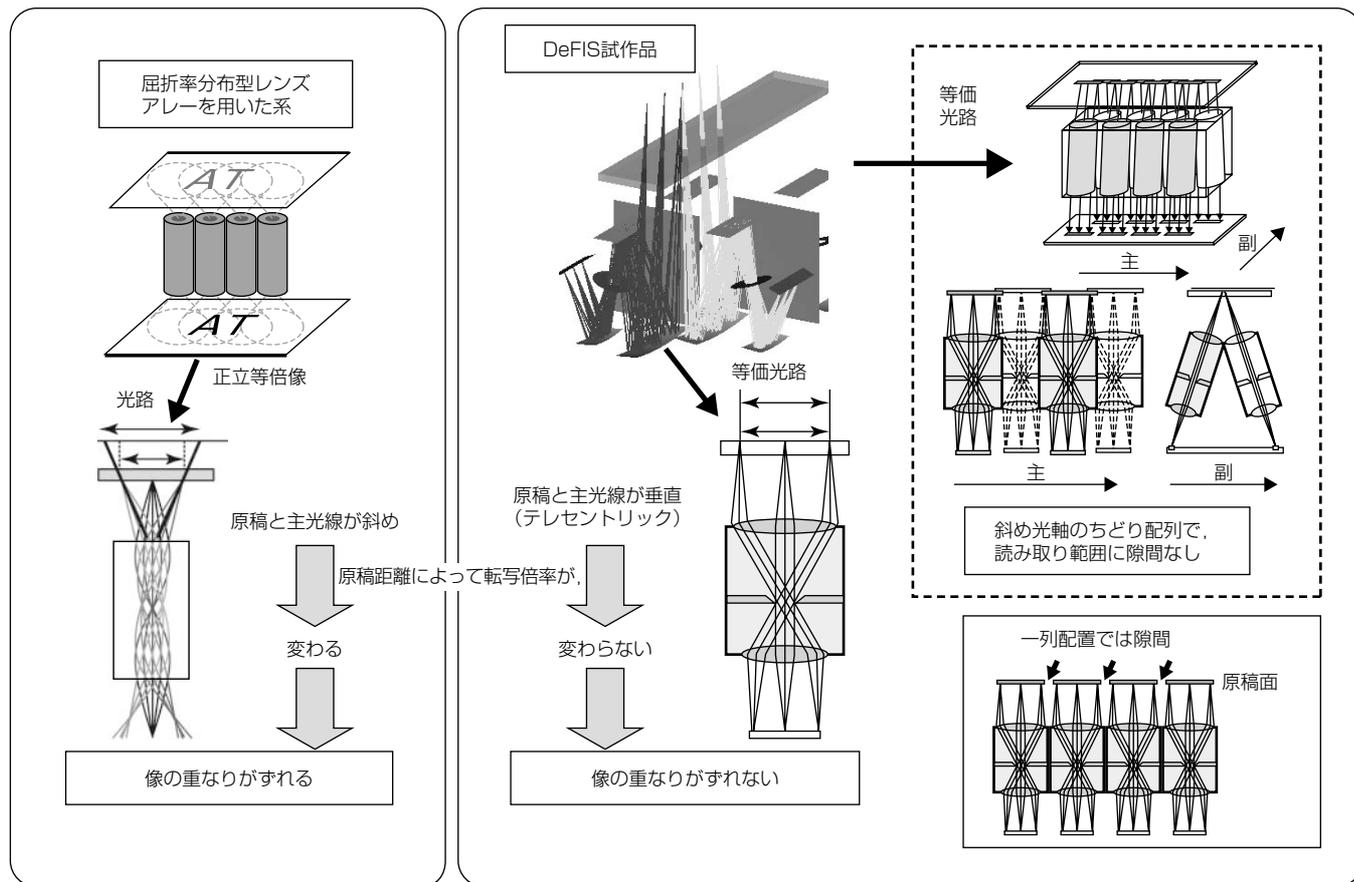


図6. テレセントリック光学系による焦点深度確保

また、このような光学セルを一列に配置するだけでは、隣接する光学セル間で隙間が発生するが、光学セルを千鳥状に配列することによって、隣接する光学セルの画像をオーバーラップさせて読み込むことを可能としている(図6)。

(3) 反射光学系

先に述べたテレセントリック光学系を反射光学系で構成し、光路を折り畳むことで、よりコンパクトな撮像系を実現している(図7)。

3.2 信号処理系

(1) ハードウェア構成

図8に信号処理系のハードウェアブロック図を示す。前段に従来のCISでも用いられる一般的な信号処理ブロックがあり、後段にDeFIS固有の画像結合処理ブロックがある。画像結合処理の後段に画像復元処理ブロックを設け、更に解像度を改善することも可能となっている。

(2) 結合処理

DeFISでは複数の光学セルによって画像を読み取るため、個々の光学セルから出力された画像を結合する処理が必要となる。光学セルを千鳥状に配列していることに起因する隣接セル間の副走査方向読み取り位置の差に加え、組立て精度のばらつきによるズレも考慮し、結合位置を動的に検出して結合を最適化するアルゴリズムを用いている。隣接する光学セル間でオーバーラップする領域の相関演算によって

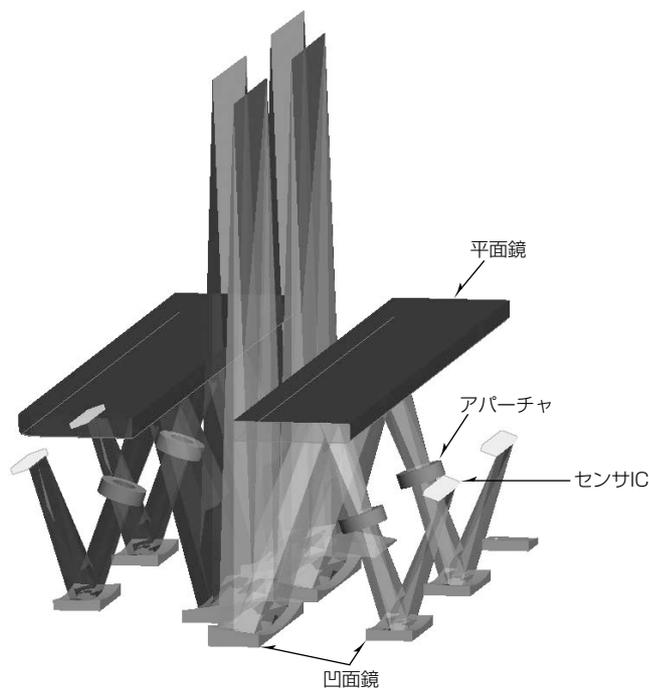
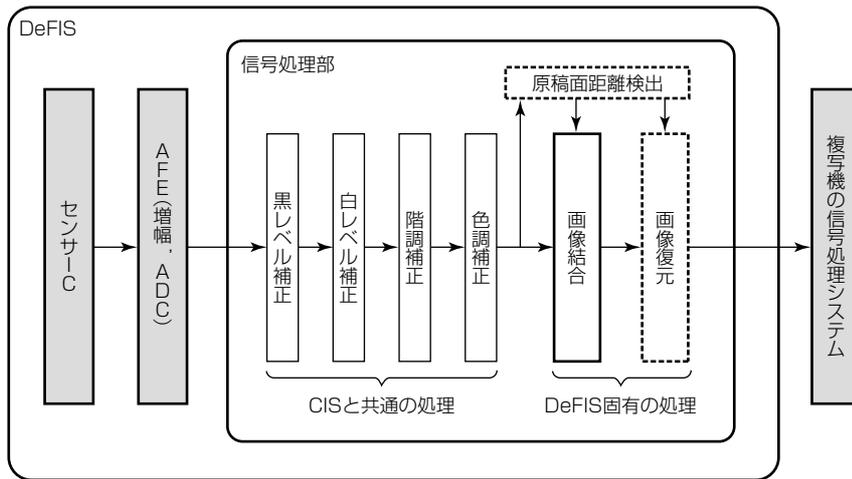


図7. 反射光学系による小型化の実現

結合位置を算出し、サブピクセルレベルの補間を行って結合を実現している。光学セル間の画像がオーバーラップしていることによって画像情報の欠落は発生しない(図9)。



ADC : Analog to Digital Converter

図8. 信号処理系のハードウェアブロック図

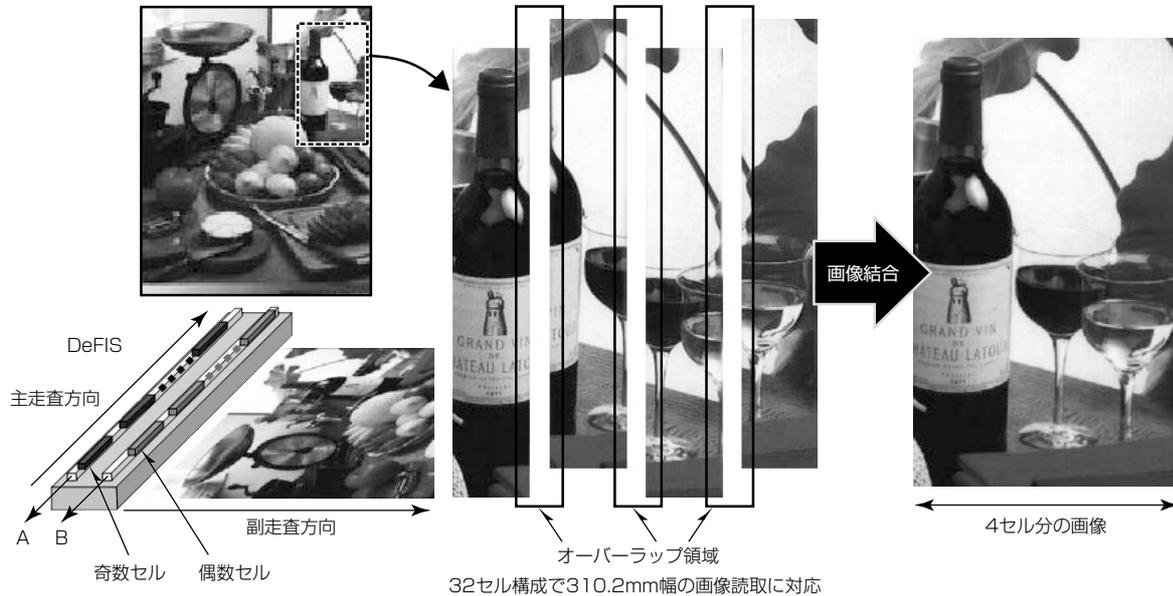


図9. 画像結合

4. むすび

当社が独自に開発した長焦点深度イメージセンサDeFISの特長、及び要素技術について述べた。このデバイスは従来の複写機表面読取り系に匹敵する性能を持ちながら、CISに迫る小型化を実現したもので、搭載する複写機の小型化、機構の簡略化が可能となる。今後、この製品によって、複写機の市場が活発化することを願うとともに、新たな技術シーズとして他分野の読取り装置への展開も検討していく。

参考文献

- (1) Kawano, H., et al. : Compact image scanner with large depth of field by compound eye system, *Optics Express* **20**, No. 12, 13532~13538 (2012)
- (2) Kawano, H., et al. : Compact and Large Depth of Field Image Scanner for Auto Document Feeder with Compound Eye System, *Optical Review* **20**, No. 12, 254~258 (2013)