

ライトフィールドカメラ Lytroの動作原理

京都産業大学
コンピュータ理工学部
蚊野 浩

第二世代
Illum

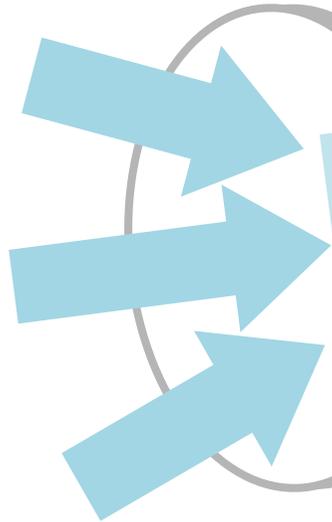


第一世代
Lytro

通常の デジタルカメラ

Keep Innovating.

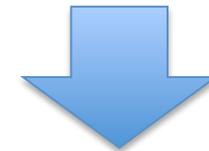
被写体
からの光



レンズによる
光像の形成



光像の記録



デジタル画像処理



最終写真画像

ライトフィールドカメラ

被写体
からの光

レンズによる
光像の形成

ライトフィールドセンサ

- 画像センサ
- マイクロレンズアレイ

光線への分解と記録

ライトフィールドエンジン

- 光線追跡
- 多視点画像処理
- デジタル画像処理



撮影後のリフォーカスなどが可能

第一世代Lytroの 分解写真



第一世代Lytro イメージ・センサ基板

マイクロレンズアレイをイメージセンサ表面に接着剤で固定

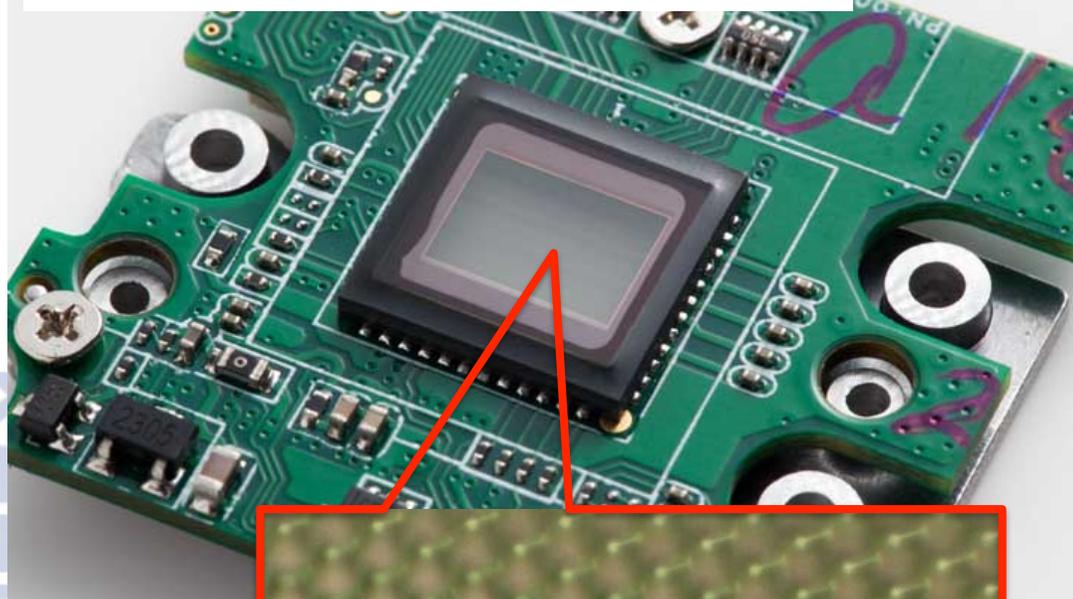
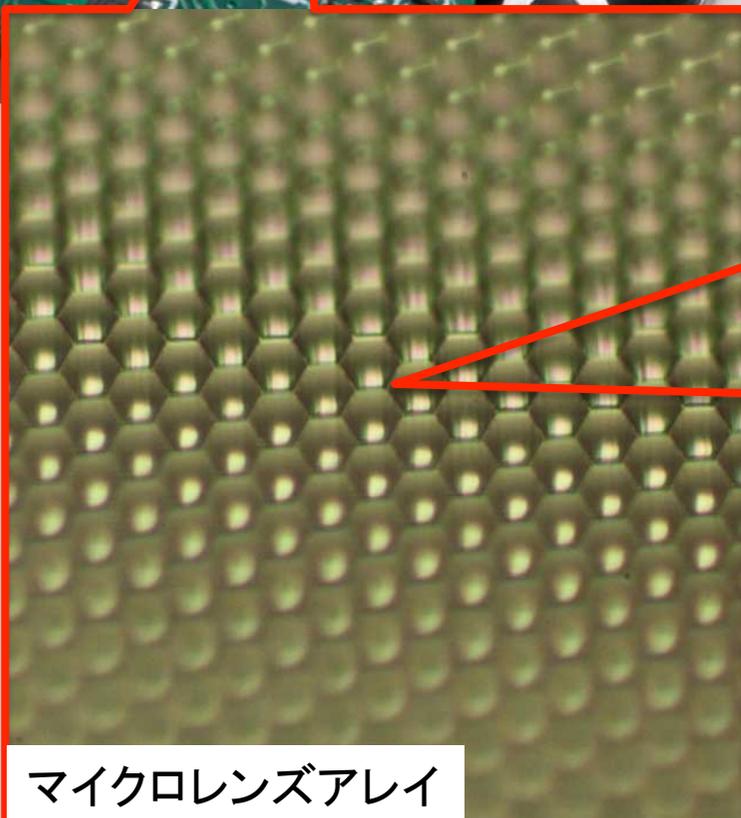
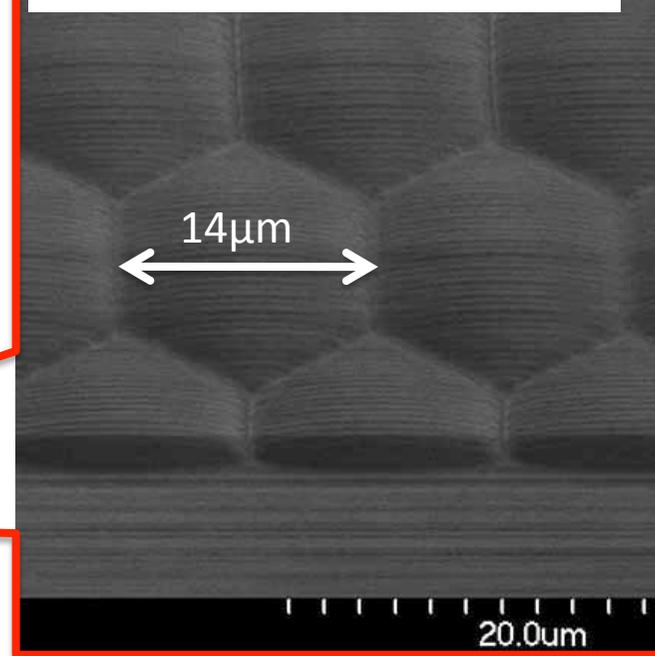


写真: 豊通エレクトロニクス ヴァン・パートナーズ
(日経エレクトロニクス2012年8月20日号掲載)

マイクロレンズアレイ(SEM)



マイクロレンズアレイ

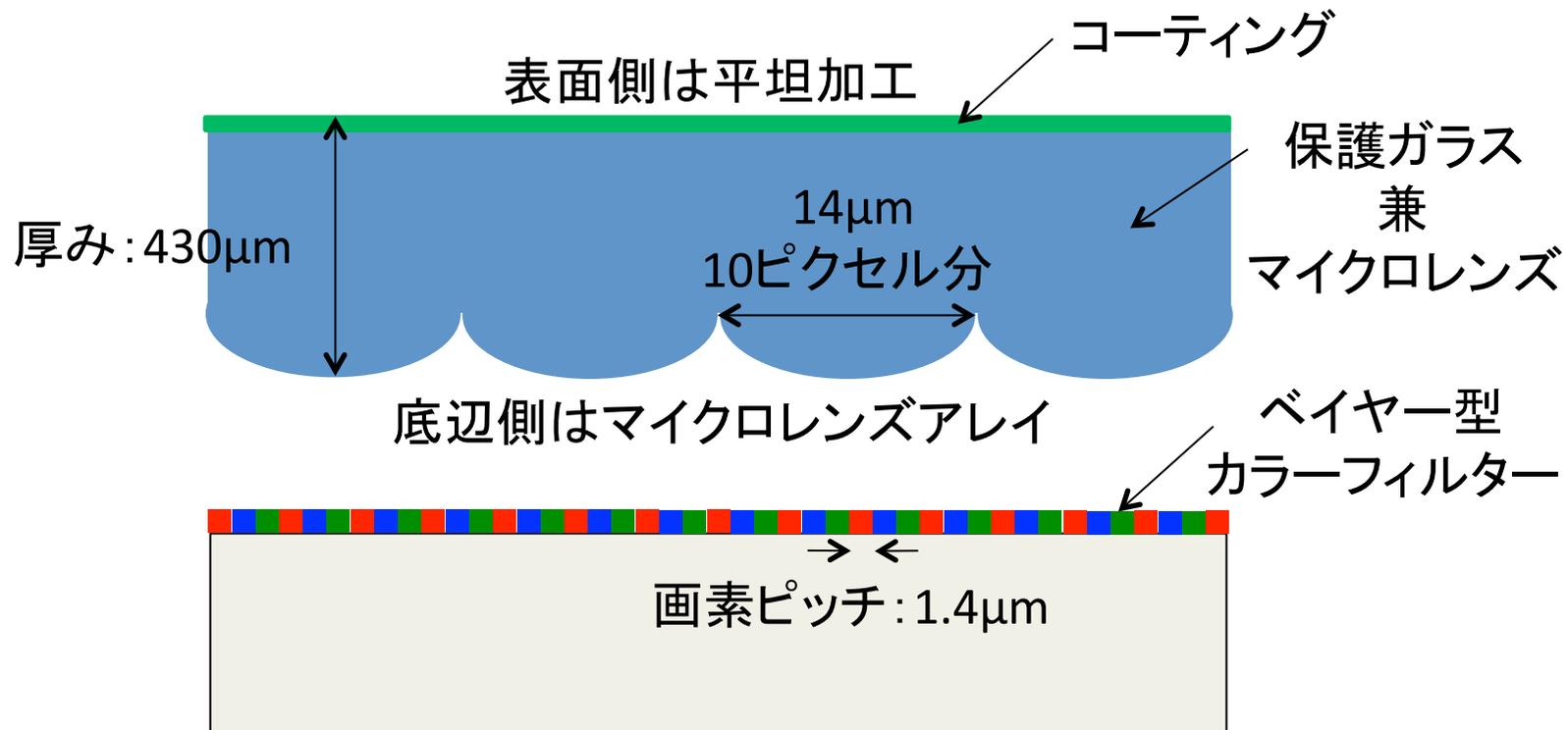
http://www.van-partners.com/pdf/Lytr0_hardware_WEB.pdf
に詳細なレポートがある。

Keep Innovating.

イメージセンサ部の断面構造

(第一世代Lytro)

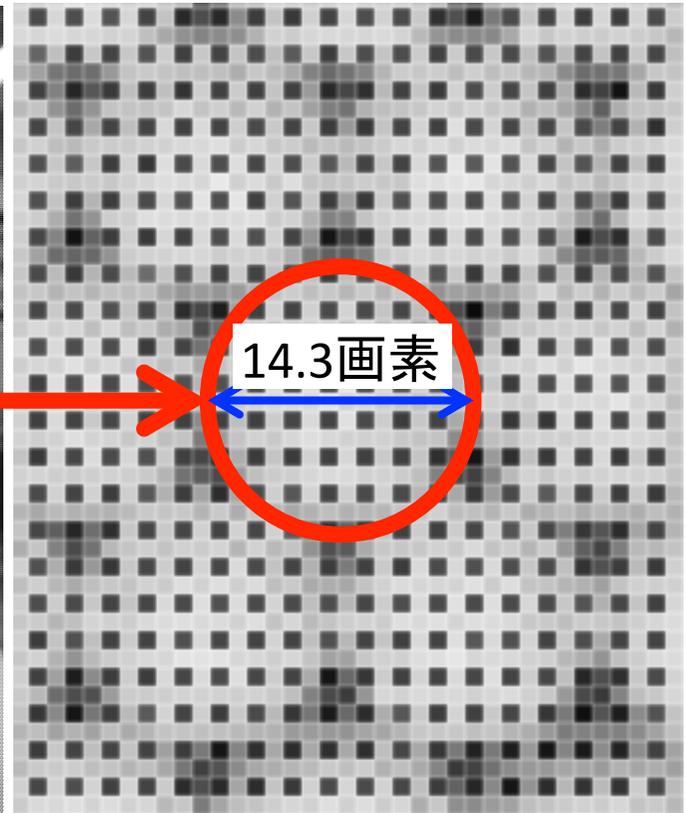
- CMOSセンサの保護ガラスとマイクロレンズが一体化
- 保護ガラスの上面側は平坦、底面側はハニカム状のマイクロレンズアレイ。



Illumの生画像



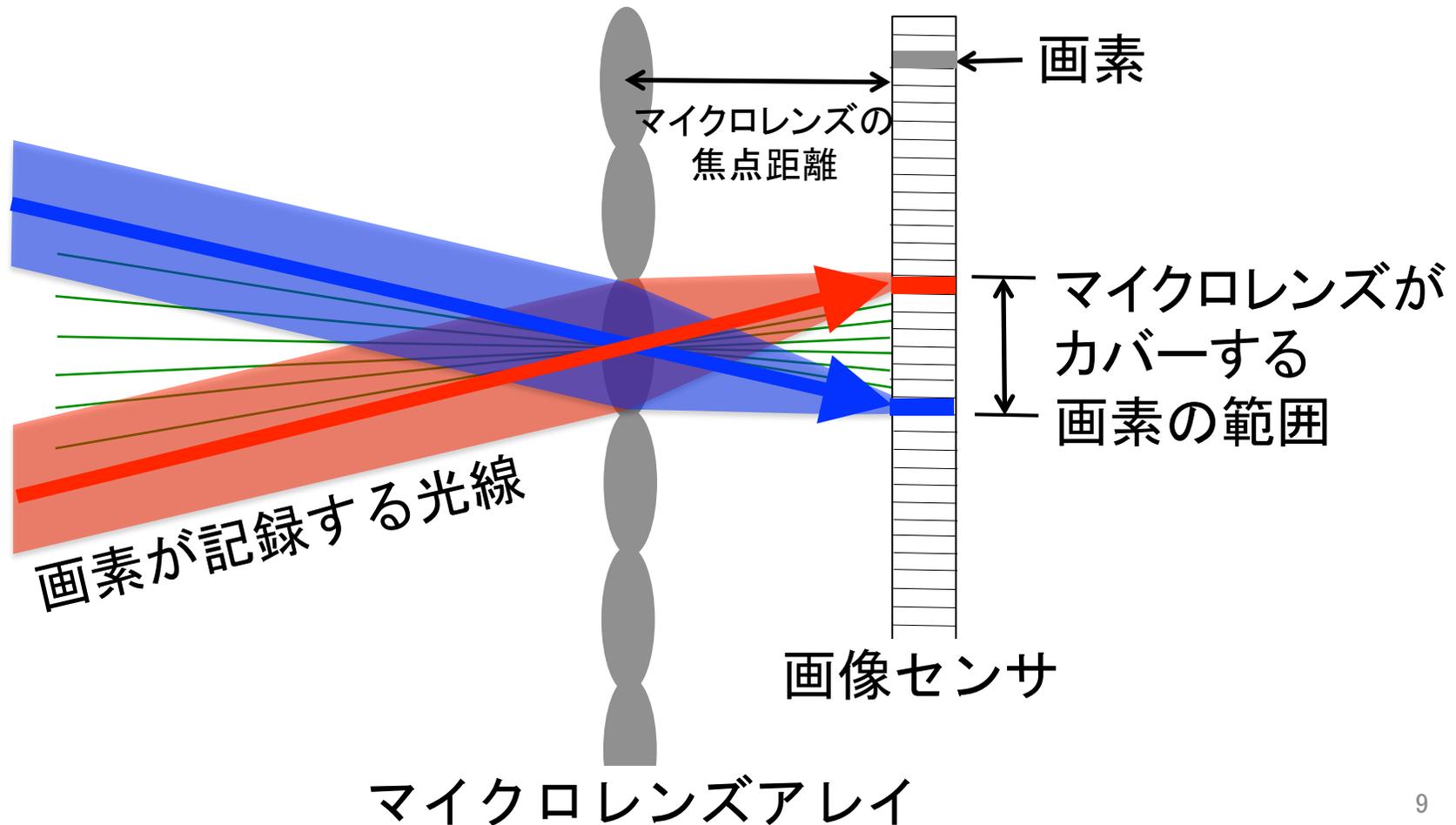
7728 × 5368画素の生画像



部分拡大

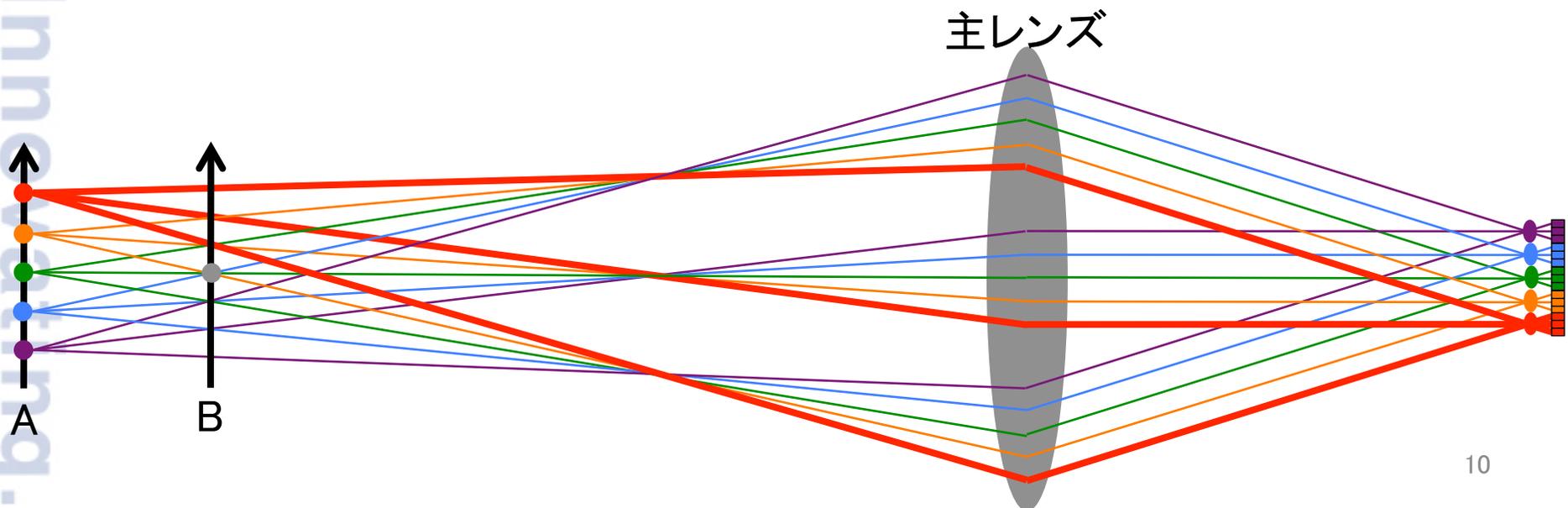
ライトフィールドセンサーが記録する光線

- ・ マイクロレンズと画像センサーで光線方向を分解・記録。



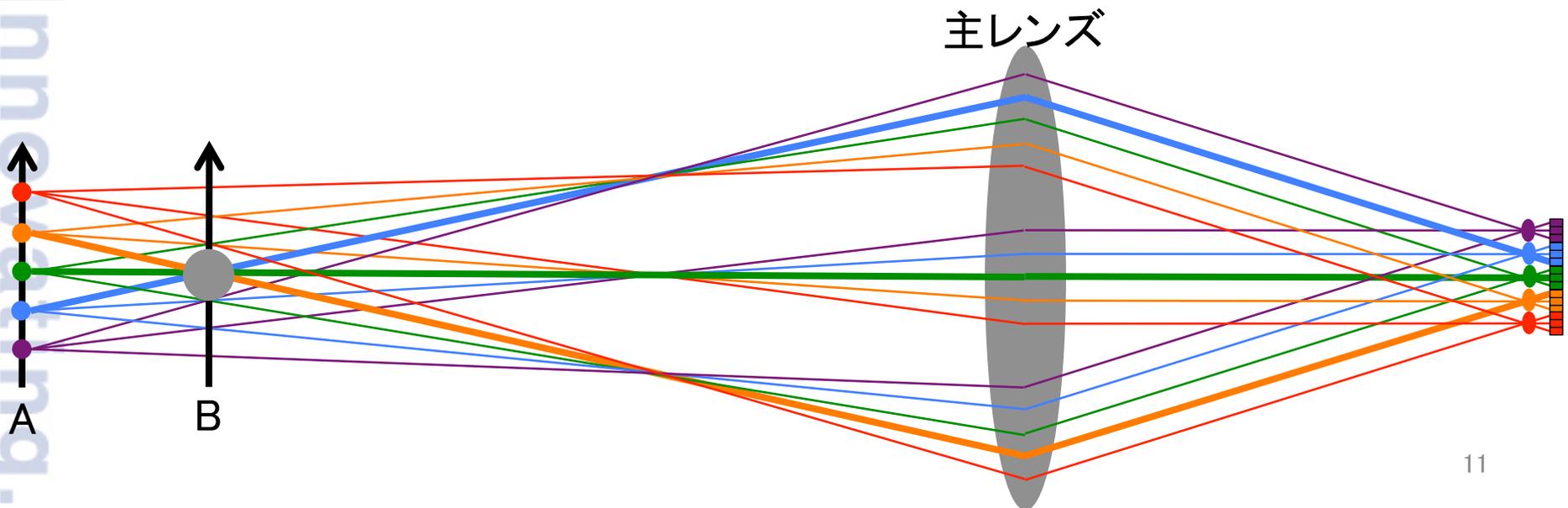
Lytroによるライトフィールドの取得

- 主レンズがAの像をマイクロレンズ面に結像する時、Aの各点から発する光線は、マイクロレンズがカバーするいずれかの画素に記録される。
- マイクロレンズがカバーする画素の値を平均すると、Aに焦点を合わせた画像が生成される。



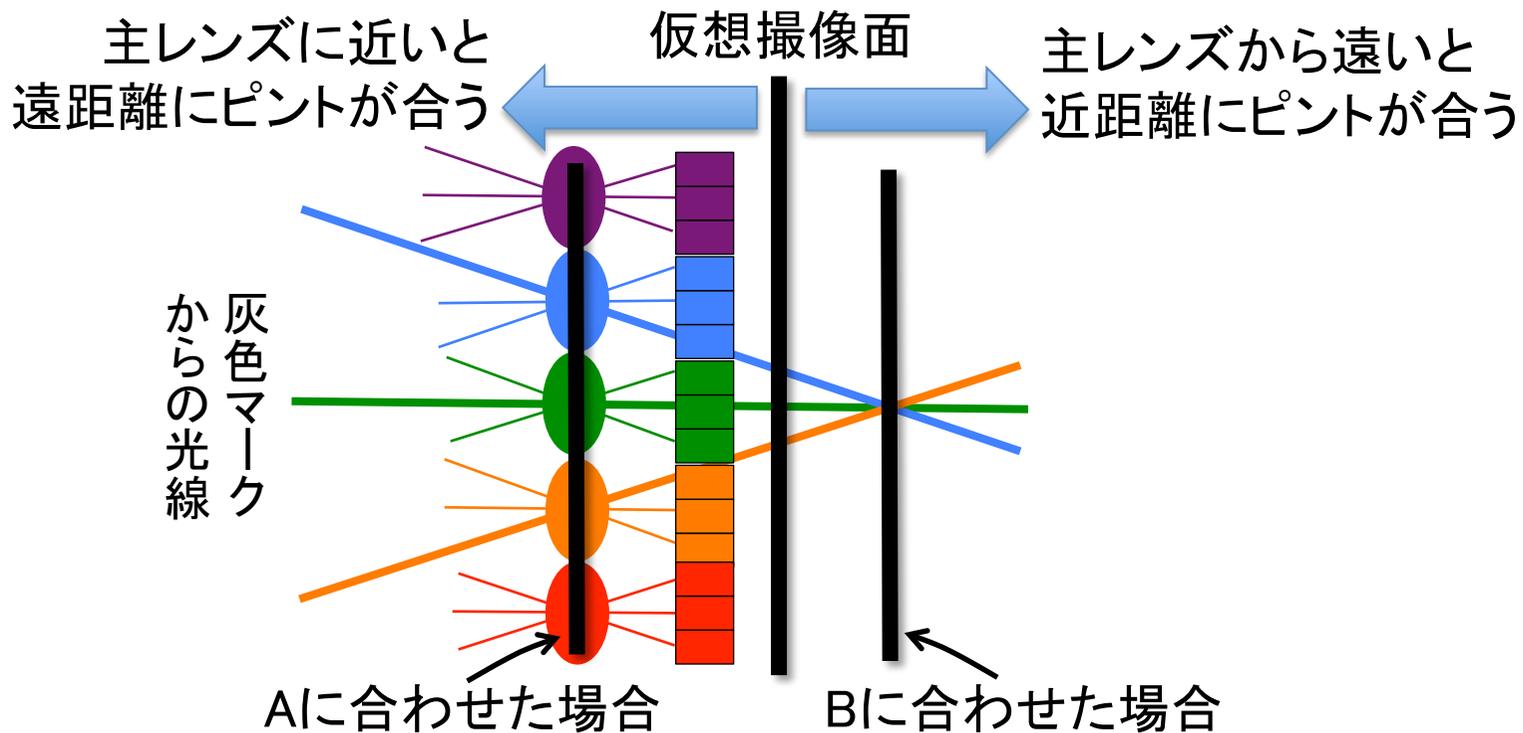
Lytroによるリフォーカスの原理

- Bの灰色マークを通過する光線は、異なったマイクロレンズがカバーする画素に記録される。それらの画素値を加算平均することは、ライトフィールドを用いてBにピントを合わせた像を生成すること、すなわちリフォーカスすることである。



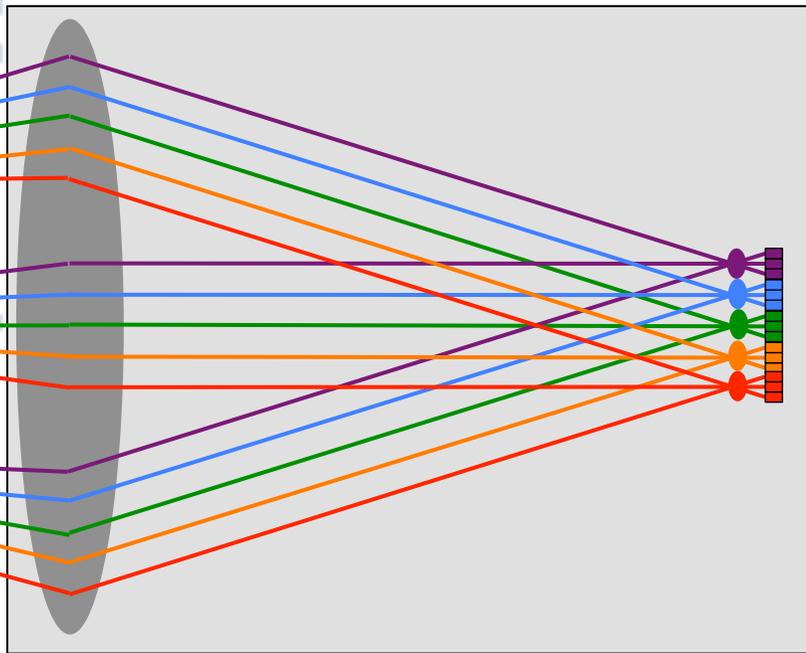
仮想撮像面の設定とリフォーカス

- 一般のリフォーカス画像の計算は、次のように行う
 1. 仮想撮像面の位置を設定する
 2. 記録した光線と仮想撮像面の交点を光線の色で描画する



撮影現象のシミュレーション

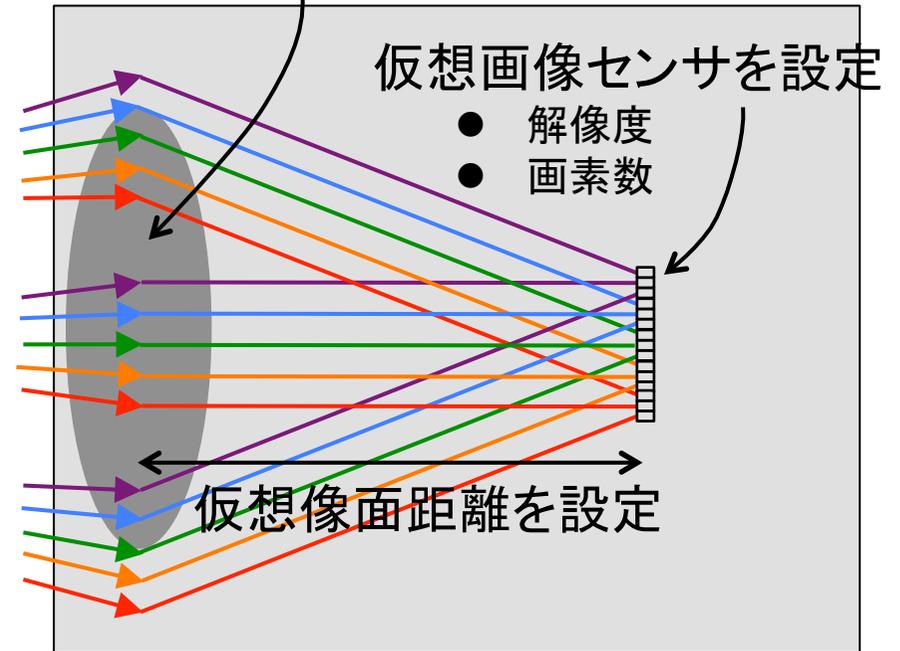
Keep innovating.



主レンズに入射する光線を
逆追跡する

仮想レンズを設定

- レンズ口径
- 焦点距離



仮想画像センサを設定

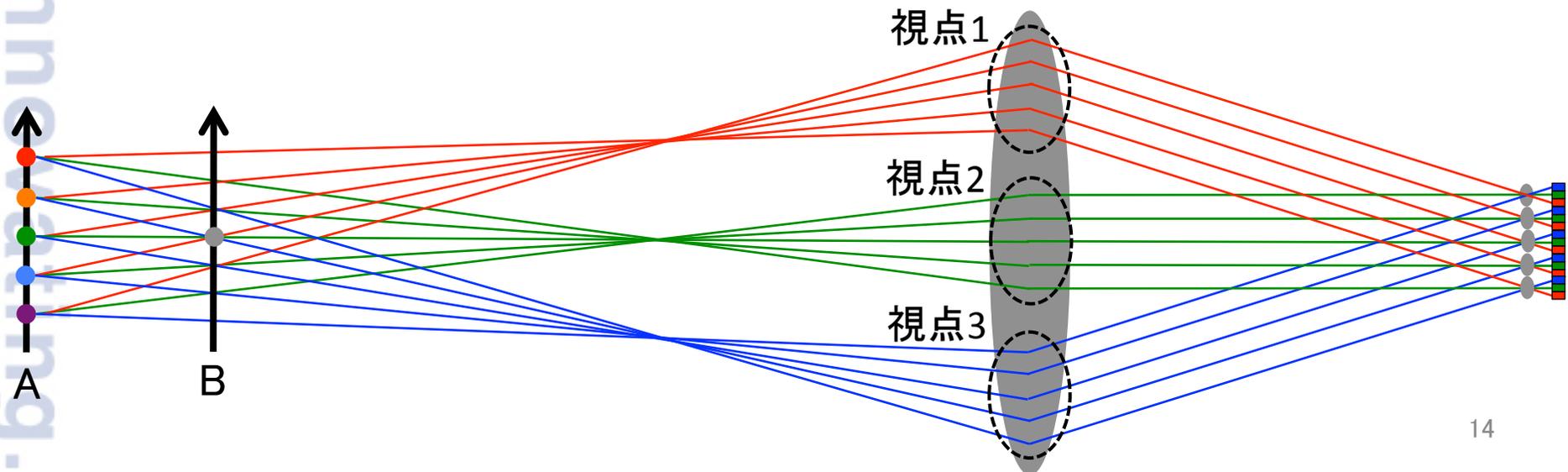
- 解像度
- 画素数

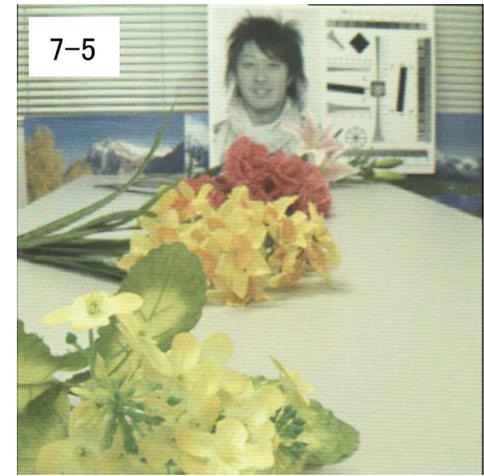
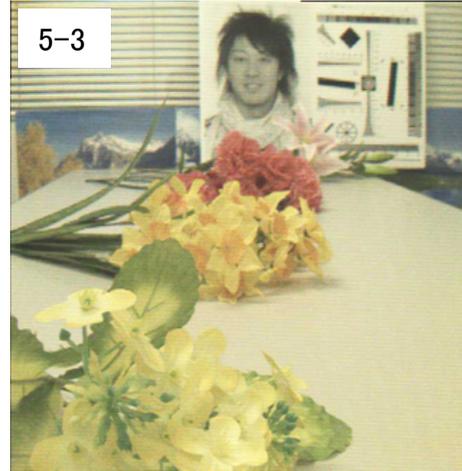
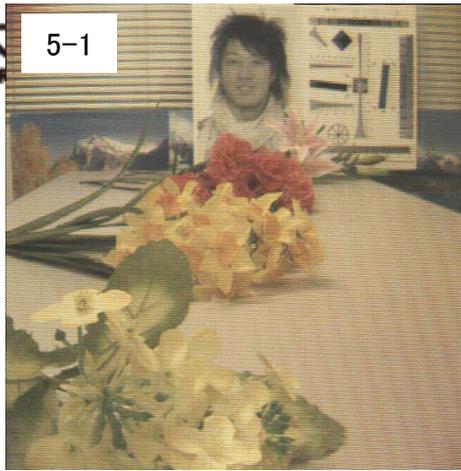
仮想像面距離を設定

主レンズに入射する光線から
像を計算する

Lytroによる多視点画像の取得

- マイクロレンズに対して同じ位置の画素を、レンズ配列にしたがって並べ直した小画像は、主レンズの異なる視点から被写体を観察した画像になる。
- レンズあたりの画素数をNとする。この手順で生成したN個の小画像は視差を持つ多視点画像になる。

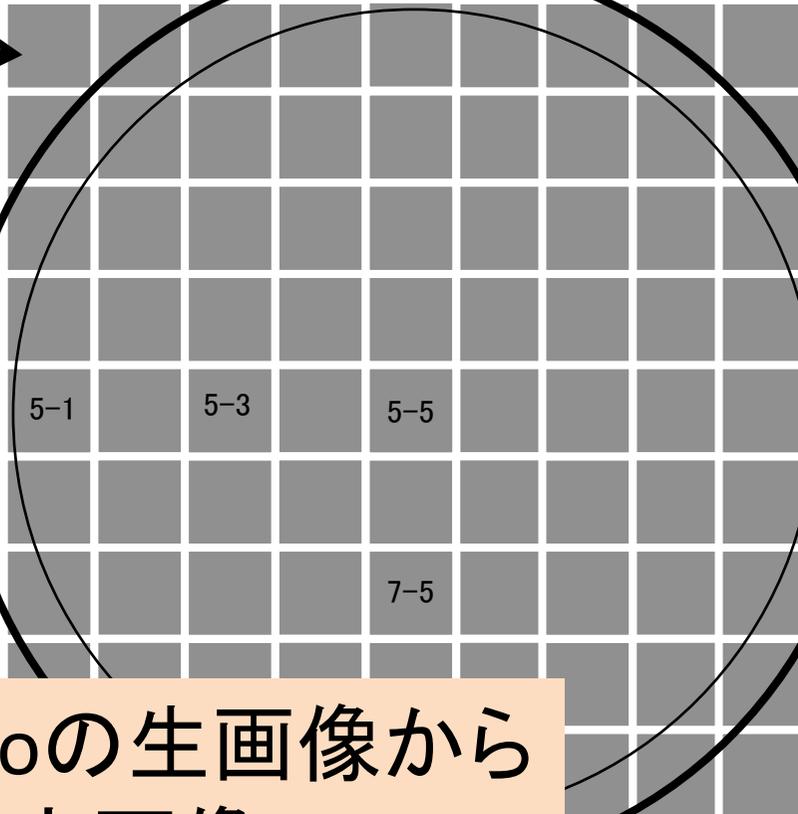




Keep Innovat

画素 →

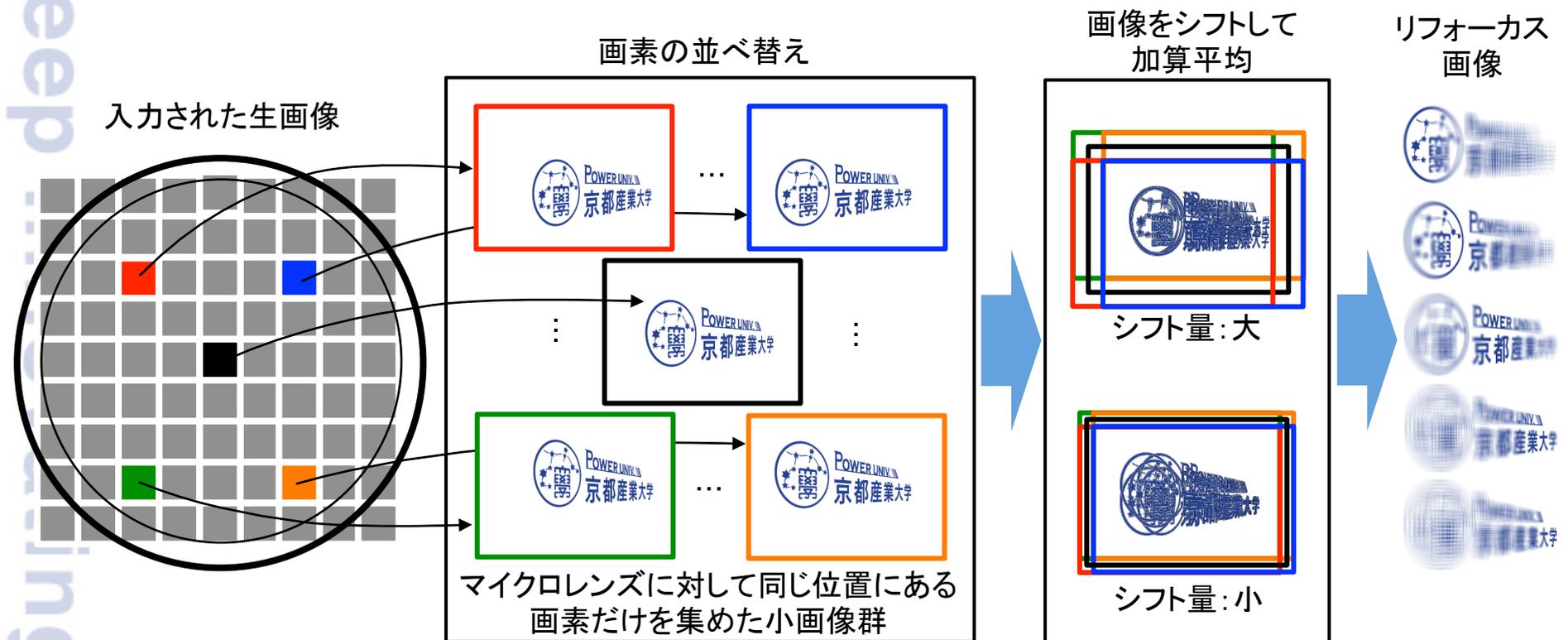
マイクロ
レンズ →



第一世代Lytroの生画像から
生成した多視点画像

多視点画像を用いたリフォーカス

- Lytroが取得する多視点画像を用いて、下図のようにリフォーカスが可能。



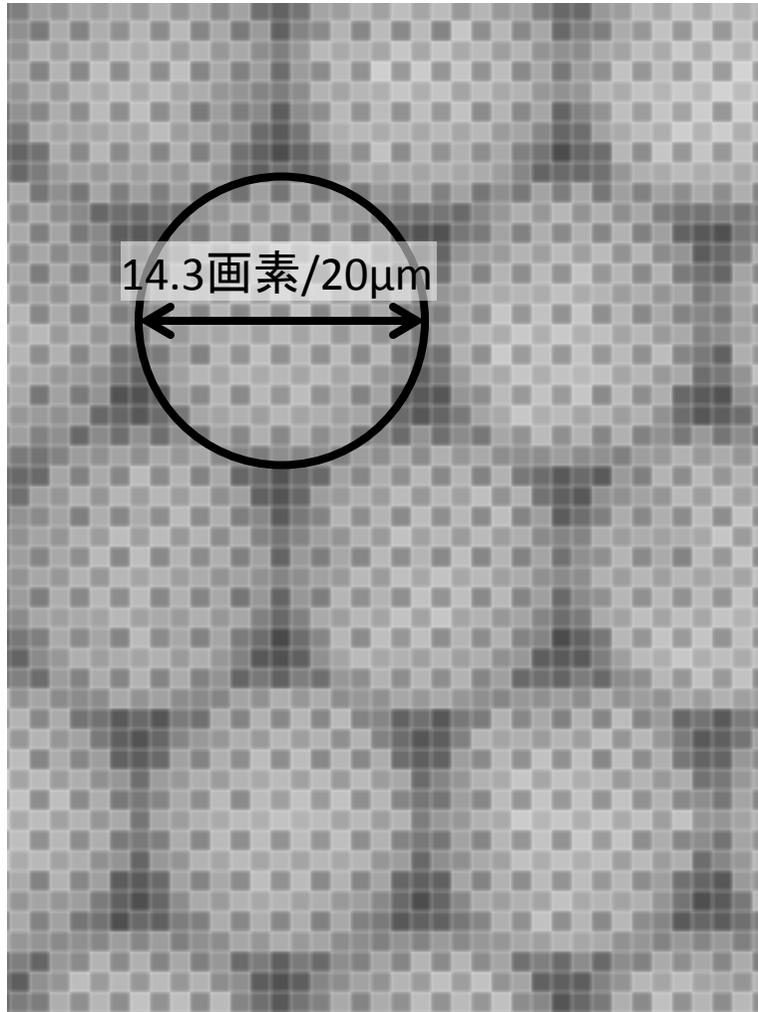
ライトフィールドエンジン

- 光線情報から
 - リフォーカス
 - 被写界深度制御
 - 視点移動
 - デプス画像の生成
 - 3D画像の生成、などを実現する処理をライトフィールドエンジンと呼ぶ。
- 光線追跡、多視点画像処理、通常の画像処理を組み合わせた処理。

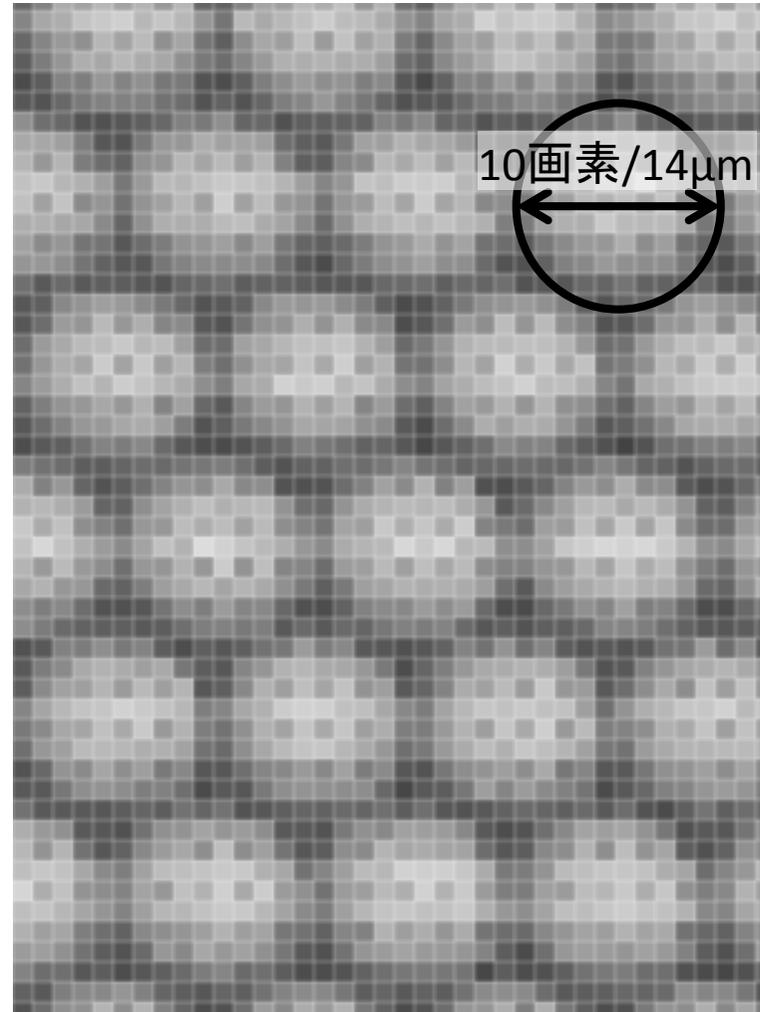
LytroとIllumの仕様

画像センサの画素数	3280×3280 1076万画素	7728×5368 4148万画素
画像センサの面積	4.59mm×4.59mm 21.1mm ²	10.82mm×7.52mm 81.4mm ²
画素ピッチ	1.4μm	1.4μm
マイクロレンズアレイ	330×380 12.5万個	540×433 23.4万個
マイクロレンズの直径	14μm 10画素分	20.0μm 14.3画素分
出力2D画像サイズ	1080×1080 116万画素	2450×1634 400万画素

LytroとIllumの生画像



Illum



Lytro

Keep Innovating.

LytroとIllumの比較

- 画像センサの画素数が4倍、マイクロレンズアレイのレンズ数が2倍、画素サイズは同じ。
- マイクロレンズあたりの画素数が2倍になり、光線の角度分解能が向上した。
- 出力画像サイズが400万画素になり、通常の利用場面では問題のない解像度になった。

まとめ

- Lytroの原理を説明した
 - ライトフィールドセンサの構成
 - 光線から写真画像を計算する原理
- 第一世代Lytroと第二世代Illumを比較した
 - 画像センサの画素数・面積が4倍
- ライトフィールドエンジン
 - 光線追跡、多視点画像処理、通常の画像処理を高度に利用したもの
- Illumの出力ファイルを処理するプログラムの一例を
<http://www.cc.kyoto-su.ac.jp/~kano/study.html>
に公開しています。