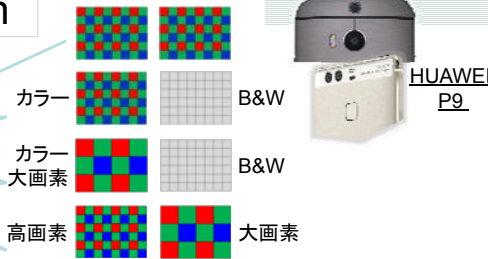


Dual Cameraの効果 3DとSensor Fusion

元祖 @2014.04
HTC one M8

画質向上効果

解像度
感度
Dレンジ



光学効果

3D効果
Auto Focus
被写体深度効果
画像編集効果
光学ズーム

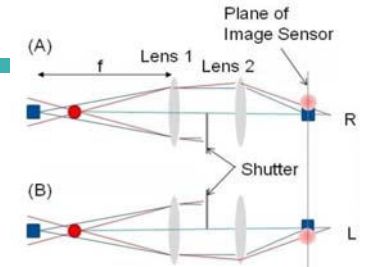


出典: ifixit iPhone 7 Plus Teardown

単眼3D撮像 過去の例

《シャッター方式単レンズ3Dカメラ》

- 1972年出願 ソニー 島田聰、他
- 開発 島田聰、竹内幸一

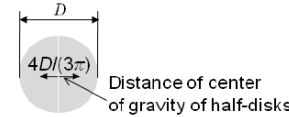
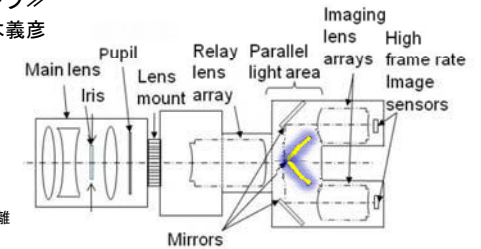


《同時光学分離方式単レンズ3Dカメラ》

- 240fps単眼3Dカメラの開発 ソニー 黒木義彦
- 2010年 映メ学会技術報告(招待講演)

◆単レンズ3D方式の特徴 (黒木論文から)

- 眼鏡無しでも、2重像にならない通常の2D画像として鑑賞可能。
- 等価的な基線長 $\leq 4D/3\pi \approx 0.42D$
- 右辺は瞳(直径D)のふたつの半円の重心間距離

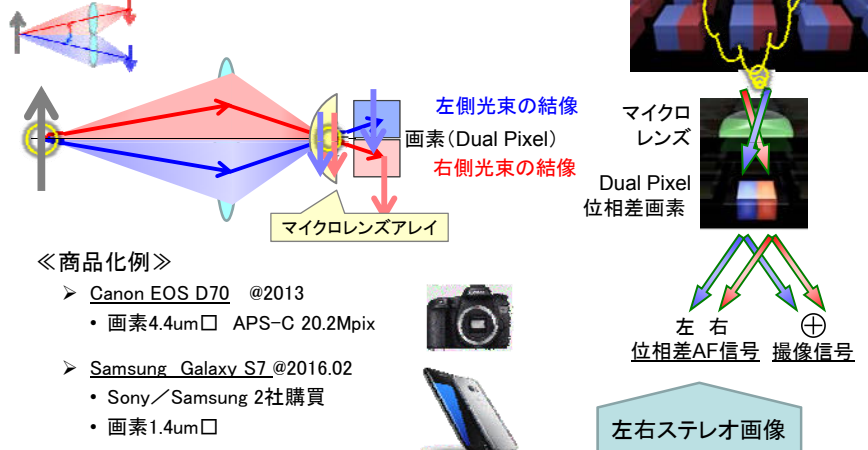


レンズ	計算値	測定値
Fujinon HAe10x10, F1.8, f=100mm, distance 6.5m	23.6mm	20.0 mm
Fujinon HA42x13.5, F2.8, f=100mm, distance 6.5m	15.2 mm	12.0 mm

等価的な基線長

単眼ステレオ撮像 《Dual Pixel Sensor》

- ◆ 全画素がAuto Focus用像面位相差画素(距離計測)
- ▶ 実は、単眼ステレオ撮像素子



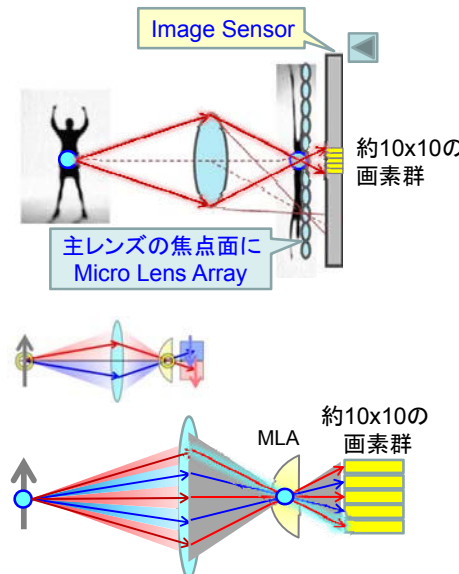
《商品化例》

- ▶ Canon EOS D70 @2013
 - 画素4.4um \square APS-C 20.2Mpix
- ▶ Samsung Galaxy S7 @2016.02
 - Sony/Samsung 2社購買
 - 画素1.4um \square



左右ステレオ画像

単眼3D撮像法 《Plenoptic Camera》



《原理=Light Field Camera》

- ◆ 真の3D撮像技術
- ◆ NHKのIntegral TVと同じ原理
- ▶ 眼鏡無し多視点3D表示装置とで理想的な3Dシステムができる

《3D撮像性能》

- ◆ 理論2D解像度 = μ レンズ数
- ◆ 視点数 = μ レンズ下の画素数

《商品化例》

- ◆ Lytro (廃版 @2016)
 - ▶ Re-Focus (後からFocus)
- ◆ Lytro Digital Cinema



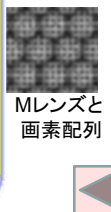
《Plenoptic Light Field Camera》

夢の実現？ Lytro Digital Cinema

- ◆ NHKの夢のカメラ、実現？
- ◆ Digital Cinema規格(4KTV) 準拠
 - ・ 実効2D解像度 = 8.8Mpix
 - ・ Light Field分解能 ≒ 80
 - ・ 35mmFFレンズ対応
- ◆ 映画編集=Post Production
 - ・ ReFocus → 撮影時にフォーカスマン(カメラマン補助) 無用
 - ・ 被写界深度調整(ボケ味加工)
 - ・ 画像合成



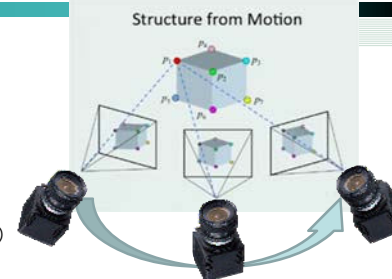
	Lytro	Lytro Illum	Lytro Cinema
発売	2012.03	2015	2016.04
画素数	10.8Mpix	40Mpix	755Mpix
視点数=画素数/μ-レンズ	86pix / lens		86pix / lens (仮定)
2D理論解像度=μ-レンズ数	125K = 330x380		8.8Mpix (4KTV相当)
2Dカメラ出力解像度	1Mpix	4Mpix	
画素サイズ			1μm口 (仮定)
センササイズ			35mmFF (推奨)



単眼単純カメラで3D 《SfM: Structure from Motion》

《技術》

- ◆ 視点を変えながら撮像した複数画面から3次元形状を復元する
 - ・ 被写体の3D形状復元
 - ・ SLAM (Simultaneous Localization and Mapping)
 - ・ 周囲空間のマッピング
 - ・ カメラの自己位置推定



《アプリの一例》

- ◆ Mobileye社のADAS、自動運転システム(後述)
- ◆ Dyson360 Eye ロボット掃除機のSLAM機能(推奨)
- ◆ 単眼カメラでステレオ写真



Automotive 距離画像計測

Dual Camera

- ◆ 例えば
- ◆ 富士重工のEye Sight
 - ・ 基線長=350mm



SfM by Mono Camera

- ◆ Structure from Motion
 - ・ 前後複数画面から3D画像
- ◆ 台風の眼Mobileye社技術
 - 距離計測法
 - ・ 先行車輪郭の四角形枠の変化率
 - ・ 水平線(消失点)とタイヤの接地面の差
- ◆ 採用車
 - Volvo、BMW
 - 他、欧米車複数
 - 確かホンダも
- ◆ Tier OneのTRW社(USA) (独ZF社に買収@2014.09)

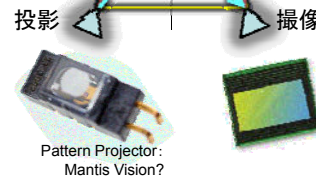


《構造化投影法》 使う3D専用の撮像方式

- ◆ 原理 = 三角測量
- ◆ 投影 = 空間変調光(パターン)
- ◆ 撮像 = 赤外線エリアセンサ
- ◆ 処理 = VPUで三角測量演算

《商品化例》

- ◆ ジェスチャ操作
 - MS : Kinect V1 @2012
 - Intel : Real Sense
 - ・ 採用PC、多数
- ◆ AR(拡張現実)
 - iPhone X /8



- 《システム構成例》
- Project Tango Phone Proto Type @2014.02



《ToF: Time of Flight》 使う3D専用の撮像方式

- ◆ 原理 : 光飛行時間 (Time of Flight)
- ◆ 照射 : 時間変調、拡散光
- ◆ 撮像 : ToF Image Sensor (特殊構造の画素)



《商品化例》

- ◆ スマホカメラ Auto Focus (近接センサ) → 多数
- ◆ ジェスチャ操作
 - MS Kinect V2 @2014
 - BMW7 インパネ操作 @2016
- ◆ AR(拡張現実) → SLAM
 - Google Tango Phone
 - Lenovo Phab 2 Pro @2016.09
 - MS HoloLens



“使うため”の3D撮像技術

	2D 解像度	システム構成	画像処理	弱点	用途
Dual Camera	数Mpix	2眼高精度配置	大	暗部に照明	計測、認識 ロボットナビ
構造化照明法	1~3Mpix	複雑	中	野外に弱い	空間マッピング ジェスチャ操作 被写体認識
ToF	VGA	センサが複雑	小	野外に弱い	ジェスチャ操作
SfM		単眼、簡潔			自動車、掃除機

《3DVisionによる画像計測》

- 物体
 - サイズ計測、認識
 - 動き追跡: Motion Tracking
- 空間
 - 距離計測、空間Mapping
 - 自己位置: 推定

《SLAM》

- Simultaneous Location and Mapping
- 自己位置推定と環境地図作成を同時に行うこと

3D FORUM 三次元映像のフォーラム

《CMOSセンサ、カメラの最新動向》 性能進化から機能進化へ

1. CMOS イメージセンサの技術動向

現在完了形

性能成熟、機能進化 そしてカメラ部品=眼玉=への進化

2. イメージング(撮像)システムの技術動向

現在進行形

Digital Imagingから Computational Imagingへ
3D Imaging(3D眼玉)

3. ビジョン(視覚)システムの技術動向

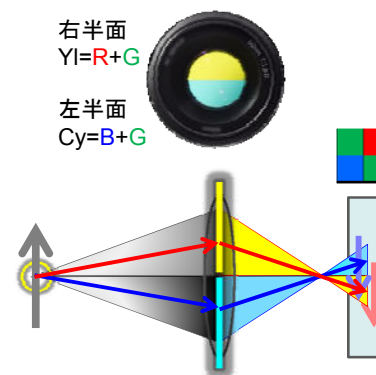
近未来へ、カンブリア爆発

Computer VisionからEmbedded Visionへ

Appendix

名雲 文男
名雲技術士事務所

《カラー開口》 単眼ステレオ撮像 @東芝



《カラー開口 3D撮像技術》

- 研究報告 @2016.06
- 原理: ステレオ方式
 - 昔の立体映画相当

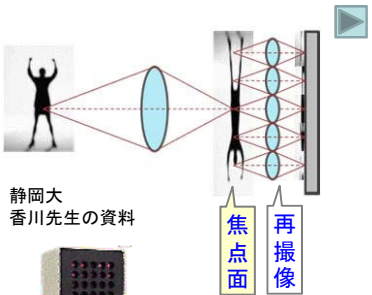
- アリモノの単板カラーカメラで
- 開口部に2色(YI/Cy)分割フィルタ
- “R撮像”は右半面の光束像
- “B撮像”は左半面の光束像
- “G撮像”は全開口の光束像

◆ 目的

- 簡潔な3Dカメラの実現
- 自動車やドローン自動運転用途

《 Focused Plenoptic Camera 》 単眼多視点3D撮像法

《 単眼Light Field Camera (2) 》 Raytrix



静岡大
香川先生の資料



Camera Arrayと同類

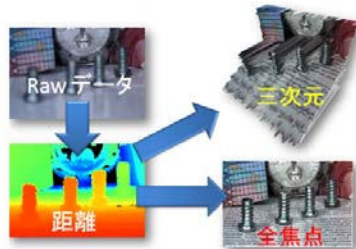


東芝 開発報告
Focused Plenoptic
Camera Module



型番	R5	R11	R29
画素数	2048x2048	4008x2672	6576x4384
最大解像度 (モノクロ時)	100万画素	300万画素	700万画素
センサー	CMOS	CCD	CCD
フォーマット	1"	35mmFF	35mmFF

- ◆ 実用解像度 = Plenoptic Cameraより高解像
- ◆ できること
 - > 自由視点の奥行(3D)画像計測
- ◆ 商品化
 - > マシンビジョンカメラ



アルゴ社HPより
<http://www.argocorp.com/cam/special/Raytrix/principle.html>

《 CMOSセンサ、カメラの最新動向 》 性能進化から機能進化へ

1. CMOS イメージセンサの技術動向

現在完了形

性能成熟、機能進化 そしてカメラ部品 = 眼玉 = への進化

2. イメージング(撮像)システムの技術動向

現在進行形

Digital Imagingから Computational Imagingへ
3D Imaging (3D眼玉)

3. ビジョン(視覚)システムの技術動向

近未来へ、カンブリア爆発

Computer Visionから Embedded Visionへ

名雲 文男
名雲技術士事務所

Embedded Visionとは



◆ Embedded Vision Allianceという組織あり、曰く

Computer vision is the use of digital processing and intelligent algorithms to interpret meaning from images or video.

“Embedded Vision” refers to the practical use of computer vision in machines

Due to the emergence of very powerful, low-cost, and energy-efficient processors, it has become possible to incorporate practical computer vision capabilities into embedded systems

Computer Visionとは “画像から情報” を取り出す技術だという

Embedded Visionとは、Computer Vision の実用化技術だという

強力で低価格、低電力な“Processor”の出現がそれを可能にした という

そのカギとなる技術要素は センサ、プロセッサ、アルゴリズム である

カンブリア大爆発



《 眼 》とは、光を利用して物体の映像を形成する器官

《 視覚 》とは、眼の情報を神経系統が伝達し、脳で知覚して対象を認識する作用

《カンブリア大爆発》 Stephen Jay Gould @USA

約5億年前、生物が突如1万種に大バクハツ、
動物が突然多様化し、現在の38の動物部門が一気に誕生、
バージェスモンスターが多数現れた

《光スイッチ説》 Andrew Parker @英

バクハツの出発点は《視覚》を持った三葉虫の出現
これで“弱肉強食世界”が始まり、視覚を持たない生物が淘汰された
~~~~~

双眼の3D眼玉も誕生、距離計測しながら追いつ追われつ？

《カメラのカンブリア大爆発 = Embedded Vision 》

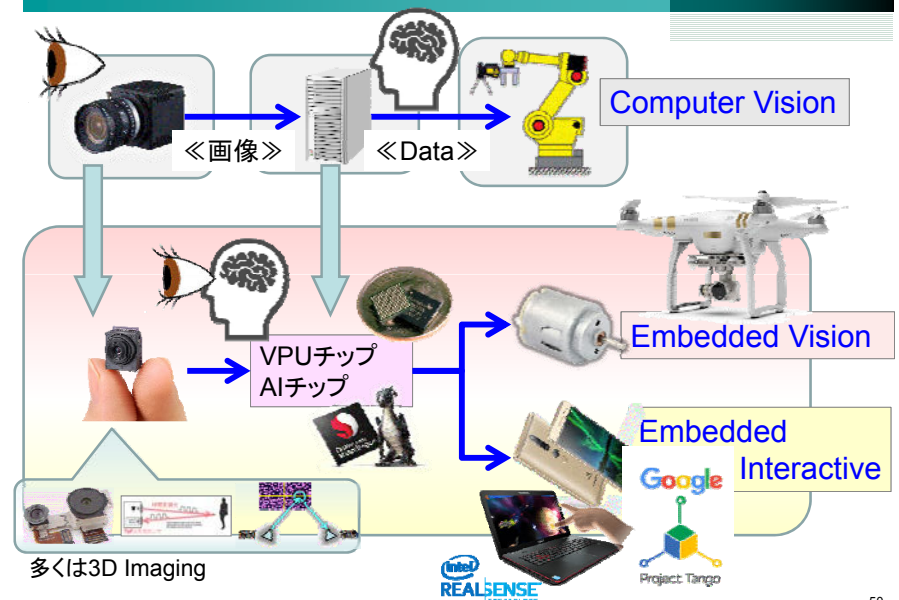
《 機器 》に CMOS Image Sensor と プロセッサ (超LSI) が組込んで  
対象を認識し、空間計測する機能を植え付けることが始まった  
これで、新機能カメラの、カンブリア爆発の火が付いた



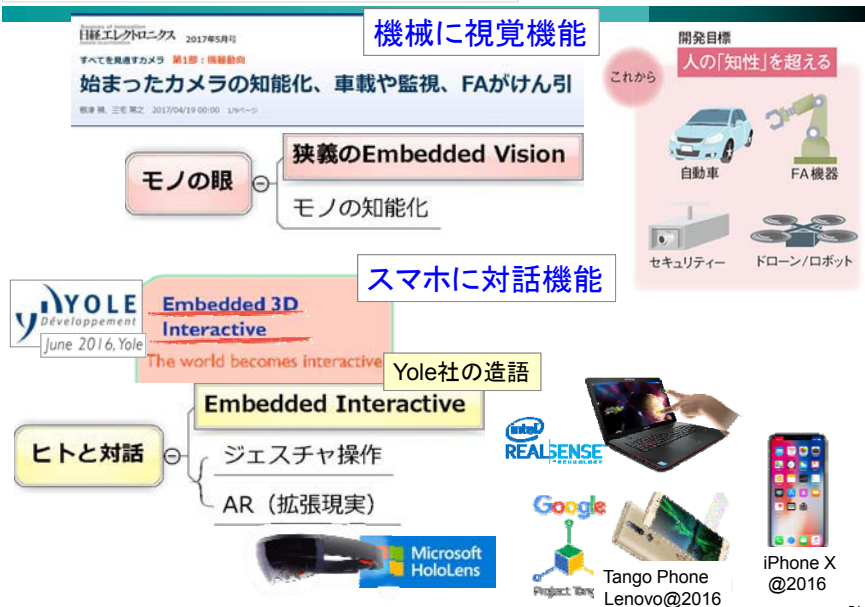
# カメラのカンブリア大爆発



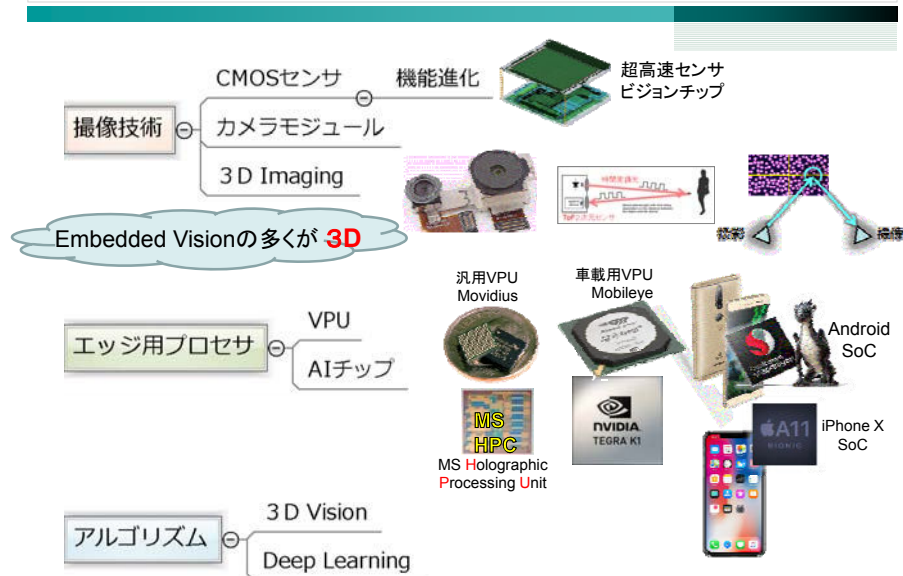
# 《Embedded Vision》 視覚=眼+頭脳を機器に組込む



# 2つのEmbedded Vision

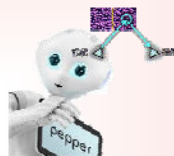


# Embedded Visionを支える要素技術



## 狭義のEmbedded Vision 多くが3D

- 自動車
- 産業
- ロボット
- Security
- ドローン
- AI家電



53

## Embedded Interactive すべて3D

ジェスチャ操作



Hybride方式?



手話通訳

AR: 拡張現実=現実+CG



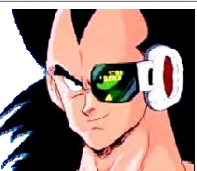
AR スマホ



54

## スマホの次はARグラスという説 日エレの主張

Sources of Innovation  
日経エレクトロニクス 2016年11月号  
主役交代、スマホからARグラスへ



《ARグラスのゴール》  
ドラゴンボールのスカウター上に  
スマホ機能とAR機能を搭載

- 《ARへの投資、一兆円》  
《ARグラス開発費、1000億円弱/年》  
《AR 世界市場予測》 @日経エ
- 2020年にはAR市場規模が15兆円に
  - 2025には70兆円
  - 10年後には、ARグラスがスマホ超えか？

- 《ARグラス》 Docomo企画室
- スマホと連携 or スマホ機能を内蔵
  - 歩きスマホを防ぐ
  - 2020にはファッショングラス並のメガネで外歩き

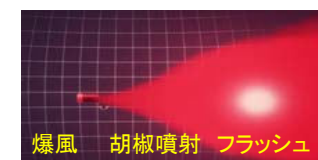
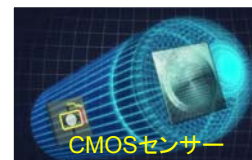


## Embedded Visionの時代 これが現実の商品

- ◆ スマート弾丸=殺傷せずに相手を倒す弾丸(商用化)
  - ▶ 弾丸内に イメージセンサと処理機能
  - ▶ センサで射撃対象に迫ったことを検知
  - ▶ 爆風ないし、胡椒噴射で対象を倒す
  - ▶ 12 ゲージ ショットガン or 専用 18mm 圧縮ガスランチャー



<http://smartrounds.com/index.html>



56

## 《CMOSセンサ、カメラの最新動向》 性能進化から機能進化へ

### Appendix

#### 1. CMOS イメージセンサの技術動向

現在完了形

性能成熟、機能進化 そしてカメラ部品=眼玉=への進化

#### 2. イメージング(撮像)システムの技術動向

現在進行形

Digital Imagingから Computational Imagingへ

3D Imaging(3D眼玉)

#### 3. ビジョン(視覚)システムの技術動向

近未来へ、カンブリア爆発

Computer VisionからEmbedded Visionへ

名雲 文男  
名雲技術士事務所

## ARスマホ Google Tango 背面AR

#### ◆ コンセプト

- Android Mobile 上に人間の視覚、認識、判断能力を搭載する



#### ◆ 基本機能

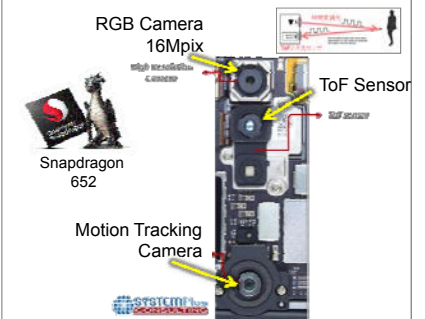
- VSLAM (Visual SLAM)
- Motion Tracking

#### ◆ アプリの例

- 3D Mapping
- Navigation (案内精度=cm)
  - Visual Positioning Service
- ホームセンタ商品位置案内
- 視覚障害者誘導機能
- Augmented Reality
- Game
- 被写体認識
  - Google Lens

#### ◆ Lenovo Phab2 Pro

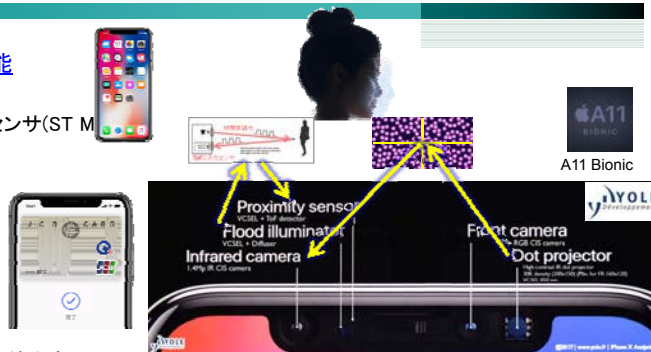
- 16Mpix RGB Camera
- ToFセンサ
- Motion Tracking Camera w/Global Shutter
- Snapdragon 652



## ARスマホ Apple iPhone 8/X 前面AR

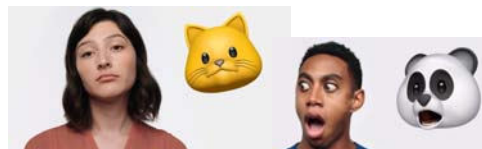
#### ◆ 前面にAR+UI 機能

- ToF
  - 小画素近接センサ(ST M)
- スマホ起動
- 構造化投影法
  - 30K Dot
  - 3D Face ID
  - ロック解除
  - カード認証
  - 3D 形状計測
    - Animoji(アニメ絵文字)
    - 奥行計測
      - Selfie撮像で、背景ぼかし



#### ◆ 背面にもAR機能

- iOS 11+SFM? → AR Kit
  - IKEA Virtual Furniture



## 《CMOSセンサ、カメラの最新動向》 性能進化から機能進化へ

3D Visionを中心に

#### 1. CMOS イメージセンサの技術動向

現在完了形

性能成熟、機能進化 そしてカメラ部品=眼玉=への進化

#### 2. イメージング(撮像)システムの技術動向

現在進行形

Digital Imagingから Computational Imagingへ

3D Imaging(3D眼玉)

#### 3. ビジョン(視覚)システムの技術動向

近未来へ、カンブリア爆発

Computer VisionからEmbedded Visionへ

名雲 文男  
名雲技術士事務所