

TMT中間赤外線観測装置 MICHI提案の現状報告

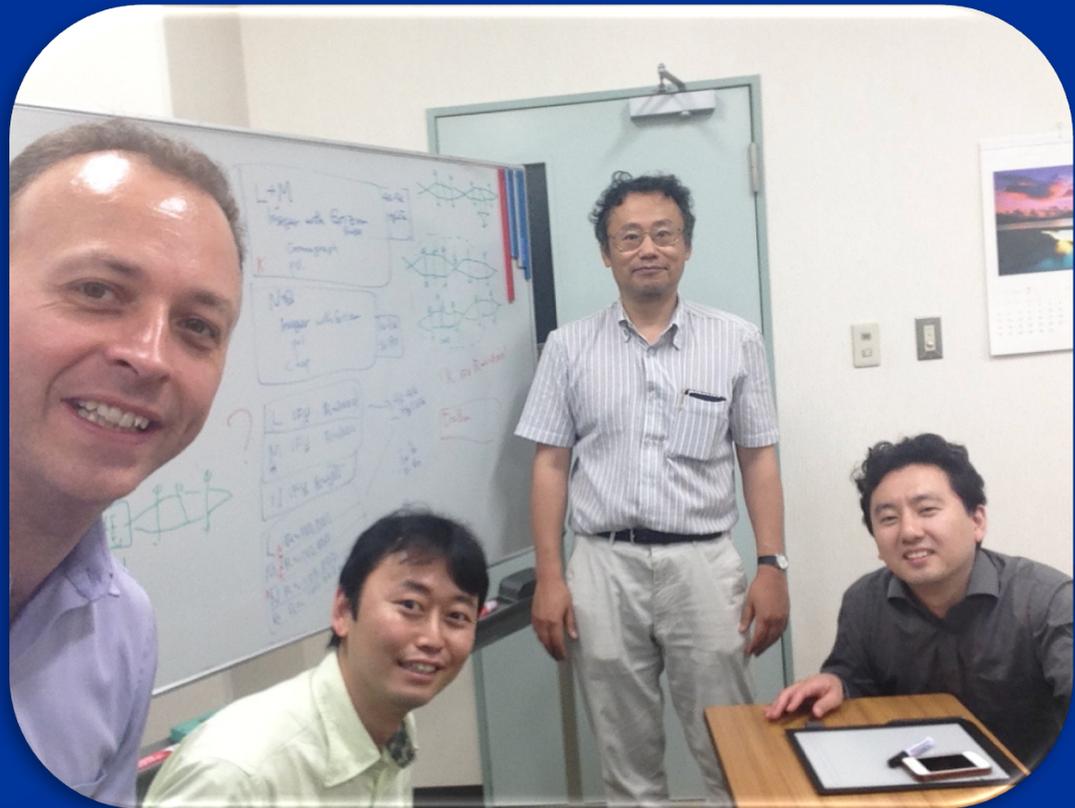
M. Honda (Kurume University, Japan)
+ MICHI collaborators

Outline

- MICHIとは?
- MICHIをめぐる短い歴史
- TMT/MICHI の目指すサイエンス
- サイエンスに必要な装置仕様
- MICHI装置概念図
 - 開発・検討中の要素技術
- 国際協力の状況
- Blue MICHI concept

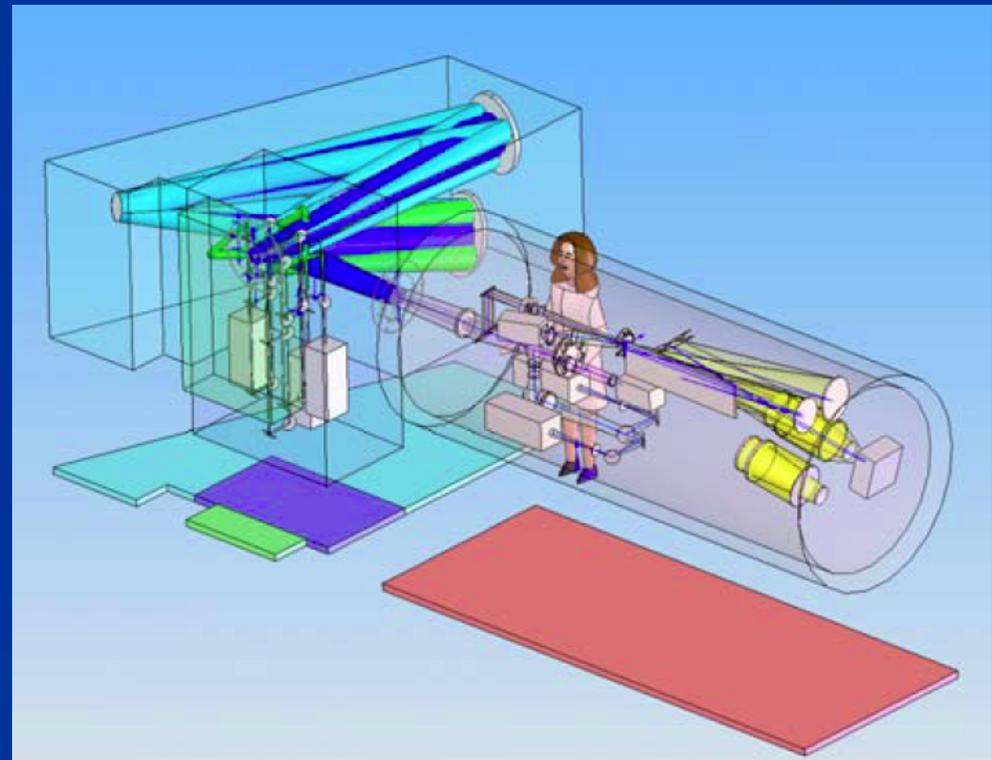
MICHI : TMT用中間赤外線装置

- TMT用第2期装置として検討中の 中間赤外線観測装置コンセプト
- US (PI: Chris Packham), Japan を中心としたメンバーで2008年から検討
- カバー波長域
 - N, Q (7.3-25 μm)
+L, M (3-5 μm)を検討
- 基本機能:
 - 撮像
 - 低分散分光($R\sim 300$)
 - 高分散分光($R\sim 10^5$)
 - 面分光(IFU)



A brief history and collaborators

- 2006年TMTの第一期装置提案として、中間赤外高分散分光器MIRES(+中間赤外補償光学MIRAO)が J. Elias, A. Tokunaga 両氏をPIとして提案される
- 第一期装置として
は不採択
- 高分散のみに特化していたため、汎用性に欠けると評価



A brief history and collaborators

- 2008年からA.Tokunaga, 岡本美子、C. PackhamをPIとしてMIRESをベースに日本側から低分散分光機能(IFU)を付加した装置としてMICHIの検討開始(日本、US共同)
 - Instrument design team (13)
 - M. Chun (UH), M. Honda (Kanagawa→Kurume), H. Kataza (ISAS), Y. K. Okamoto (Ibaraki), T. Onaka (UT), C. Packham (UF→UTSA), M. Richter (UC Davis), I. Sakon (UT), C. M. Telesco (UF), A. Tokunaga (UH), C. Warner (UF), T. Fujiyoshi, T. Yamashita (NAOJ)
 - Instrument science team (24)
 - J. Carr (NRL), K. Enya, H. Fujiwara (ISAS), T. Fujiyoshi (Subaru), M. Honda (Kanagawa U), T. Kotani (ISAS), J. Najita (NOAO), T. Matsuo (NAOJ), Y. K. Okamoto (Ibaraki), T. Ootsubo (Tohoku), M. Takami (ASIAA), M. Richter(UC Davis), C. M. Telesco (UF), A. Tokunaga (UH), C. M. Wright (UNSW@ADFA), M. Chiba (Tohoku), M. Imanishi (NAOJ), N. Levenson (Gemini), T. Minezaki (UT), C. Packham (UF), Y. Ita (Tohoku), H. Izumiura (NAOJ), M. Matsuura (University College London), I. Sakon (UT)
 - Industrial partners
 - M. Rodgers, J. McGuire (ORA), Y. Ikeda (Photocoding), Sumitomo Heavy Industry

A brief history and collaborators

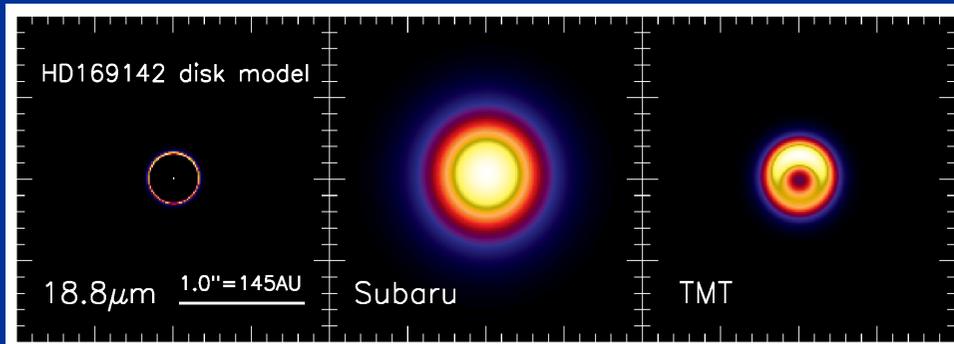
- 2010/6 MICHI presentations at SPIE @San Diego
- 2010/8 Instrument reference document (0th version) submitted to the NAOJ/J-TMT office
- 2011/3 TMT Instrument & Science WS @ Victoria
 - SACからのいくつかの指摘
- 2011/5 日本側取りまとめ 本田(久留米大学)に交替
 - 岡本(茨城大学)育児休暇
- Victoria WS でのSAC指摘を受け、主にサイエンス検討活動の強化、およびTMT Communityからの支持を得るため、国際協力(インド、カナダ、中国)を広げる検討
- 個別要素技術については、少しずつ開発を進めている状態
...
- 2016/10 MICHI WS at TIFR(India)
 - India contact person: Dr. Manoj Puravankara



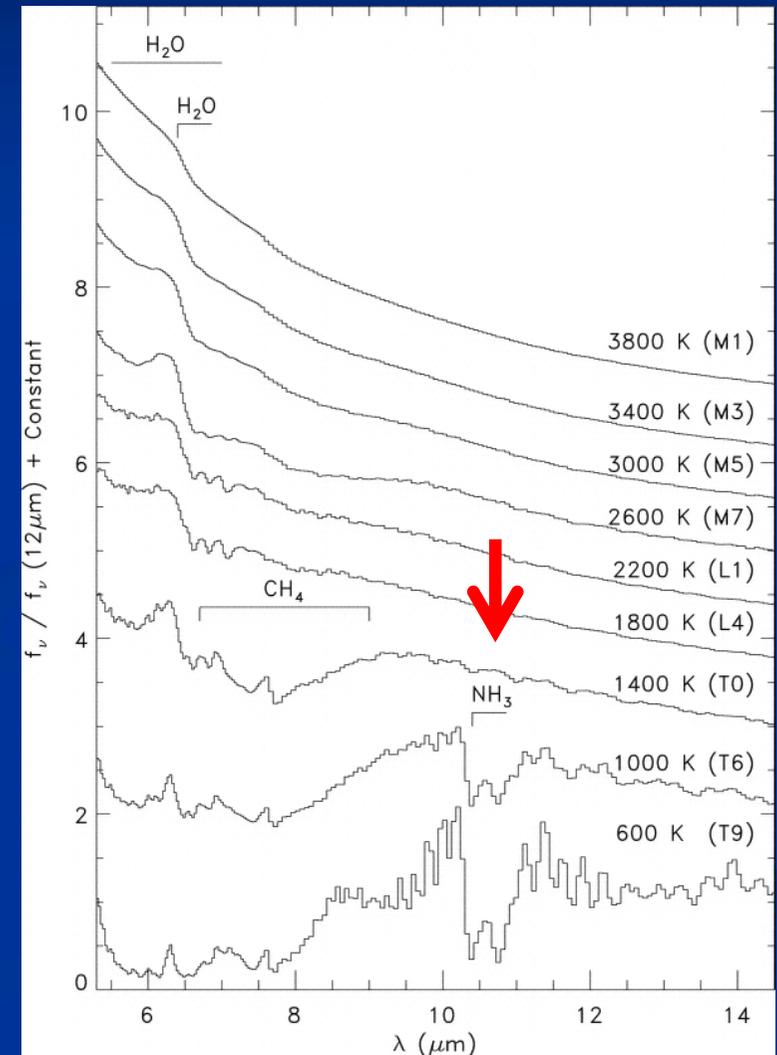
MICHIの目指すサイエンス(1/3)

円盤と系外惑星

- 原始惑星系円盤・残骸円盤の直接撮像
- 有機物・鉱物の円盤内分布



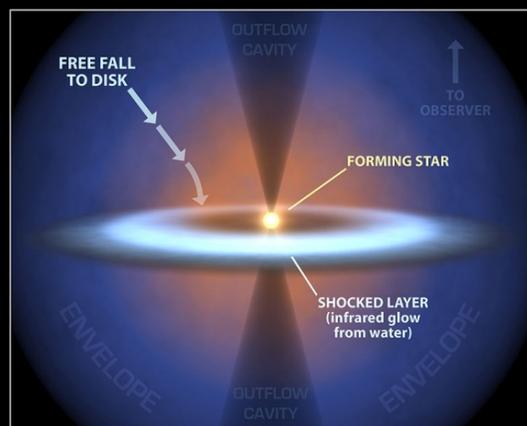
- 木星型ガス惑星大気分光
 - NH₃吸収@10.5 μm
- Hot-Neptune, Super-Earth の検出・分光



MICHIの目指すサイエンス(2/3)

中間赤外高分散分光

- 星、惑星、そして生命の起源
 - 円盤内側<10 AU のガス成分の観測
 - 氷マントル中に含まれる様々な化学物質の観測
 - 水蒸気輝線の観測にりよる“snow-line” の検出
 - エッジオン円盤吸収による氷・有機物Abundancesの観測
 - 太陽系内天体における有機物の観測



Infrared Water Emission From Protoplanetary Disk Spitzer Space Telescope • IRS
NASA / JPL-Caltech / D. Watson (Univ. of Rochester) ssc2007-14c

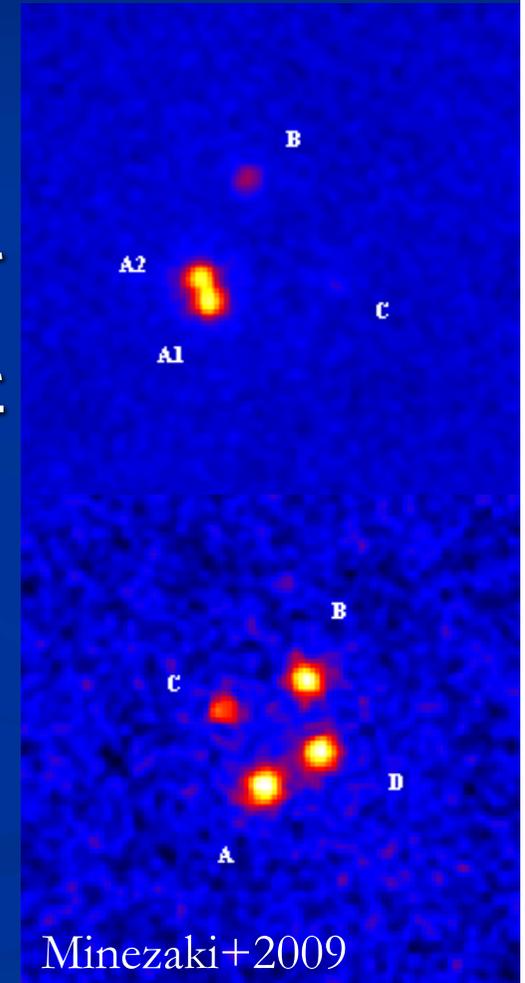


MICHIの目指すサイエンス(3/3)

系外銀河

- 超大質量ブラックホール(SMBH)、ホスト銀河、および星生成率の関係
- 活動銀河核(AGN)とトーラスの特徴づけ
- 超高光度赤外線銀河(ULIRGS)を用いた、中間赤方偏移での宇宙の探査
- 重力レンズを用いたCold Dark Matter (CDM)の探査

汎用装置として
幅広いサイエンスに使える装置

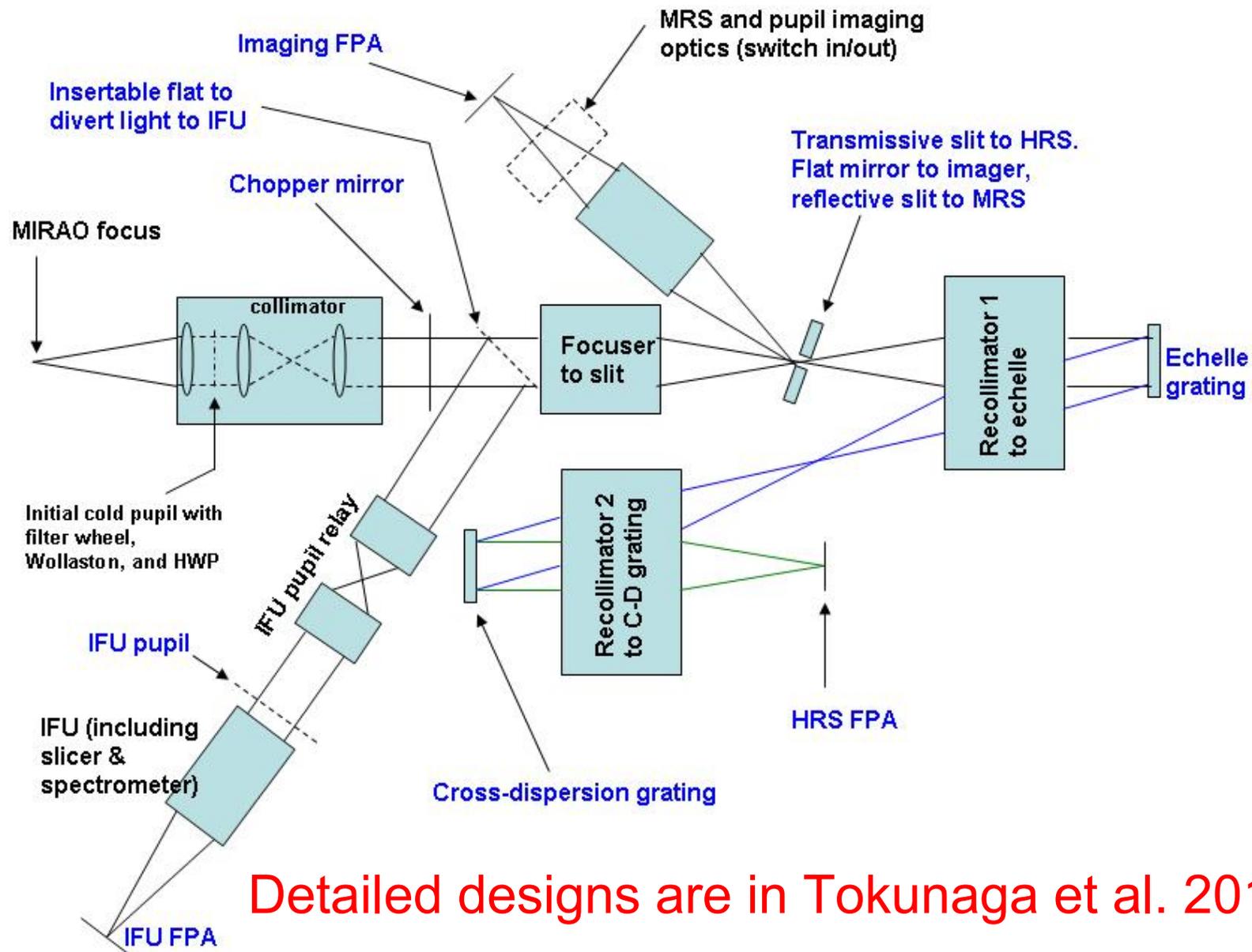


Required instrument parameters

	Imaging	Low-R spectroscopy w IFU	Long-slit mod-R spectroscopy	High-R spectroscopy
Wavelength coverage [μm]	7.3-13.8 16.0-25.0	7-14	7.3-13.8, 16.0-25.0	7.3-13.8, 16.0-25.0
FOV	28.1x28.1 "	5" x 2"	28.1" x (0.1-0.3)"	2" x (0.1-0.3)"
Spatial resolution	Diffraction limited value w/ MIRA0 (0.08"@10 μm , 0.16"@20 μm)			
Spectral resolution $R = \lambda / \Delta\lambda$	R~10-100	R~250 (or500)	R~810 @ 10 μm R~1,100 @ 20 μm	R~120,000 @ 10 μm R~60,000 @ 20 μm
Others	Polarimetry (for imaging and mod-R spectroscopy) Option: High-contrast imaging & IFU spectroscopy such as coronagraph/aperture-masking observations (under consideration)			

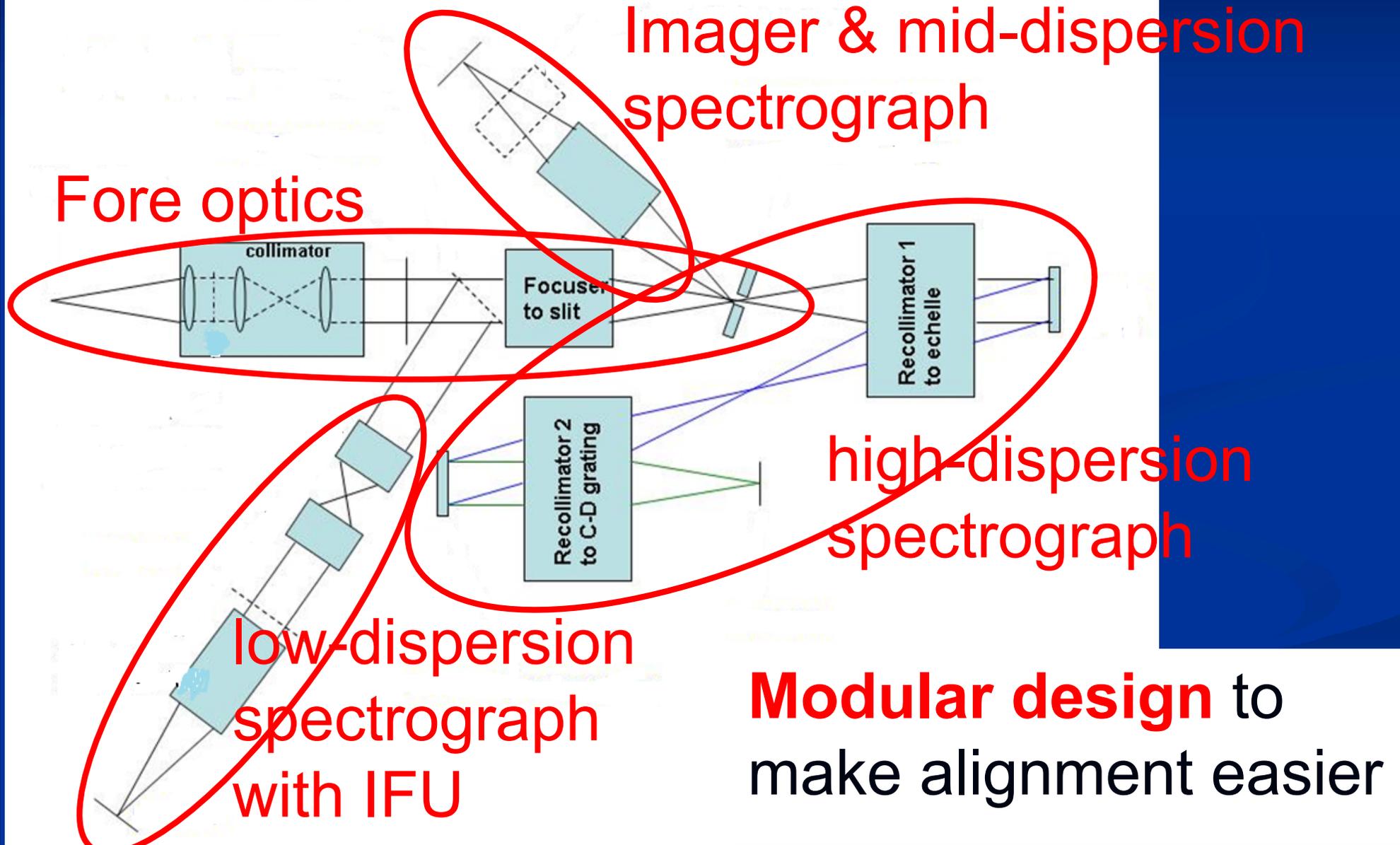
- Improvements from MIREs following science requirements
 - Addition of
 - *Low-dispersion spectroscopy with IFU*
 - Applicable to **much broader area** of important astronomical topics
 - *Internal cold chopper*
 - Enables low-dispersion spectroscopy and improved imaging performance
 - *Polarimetry*
 - *High-contrast observing capability* for exoplanets is under consideration, too.
 - Improved throughput with reflective optics

Instrument design: overall block diagram of optics



Detailed designs are in Tokunaga et al. 2010 & poster

Instrument design: overall block diagram of optics



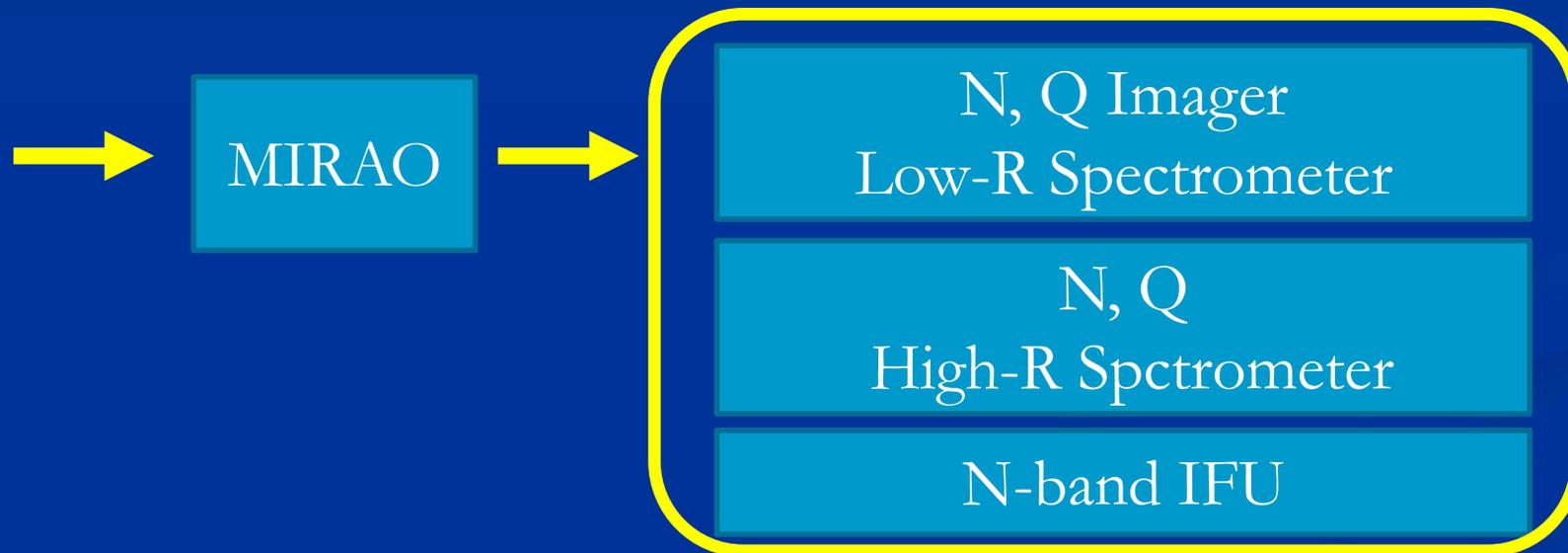
Key technologies of MICHI

- **MIRAO を用いた昼間観測の可能性 (Chun, Hayano)**
 - 地上MIRでは高背景放射のため、昼間でも夜間と遜色なく観測できる
 - TMTの場合MIRAOが昼間に使えるかがカギとなる
 - 超狭帯域フィルタ($\Delta\lambda\sim 100\text{pm}$)の開発(NB etalon)、および昼間のレーザーガイドスター(LGS)波面計測実証実験中
- **Internal cold chopper (Honda, Miyata, Kamizuka, Takahashi)**
 - E-ELT/METISなどではアクチュエータにボイスコイルを使用
 - ピエゾではストロークに限界があるため、VCM等方式検討・試作実験中
- **IFU (image slicer system; Okamoto, Sakon, Kataza)**
 - 技術実証機MIRSISの立ち上げ中
 - MICHI用に拡張可能性を評価→成立性見通しを得た
- **Aquarius array readout (Sako, Miyata, MIMIZUKU team)**
 - 同じ検出器である 1k x 1k Aquaruous 検出器の読み出しシステムの開発
 - TAO/MIMIZUKUをテストベッドとして性能評価実験進行中

国際協力

- US と日本は装置・サイエンス両面で協力容易
 - US, Japanともに地上中間赤外経験あるが、community は小さい → 国際協力は必然
 - USは既存のグループ、日本も Subaru/COMICS, TAO/MIMIZUKUグループがベース
- TMTではパートナー間の国際協力・理解・サポートが重要
 - India, China : 地上MIR経験は殆ど無いが、サイエンス面では少数の経験者がおり、そこを軸に展開
 - India MICHU WS (Dr. Manoj Puravankara at TIFR)
 - Canada : L-band exoplanet observations に興味
 - MIRA0 にポートをつけて共有？

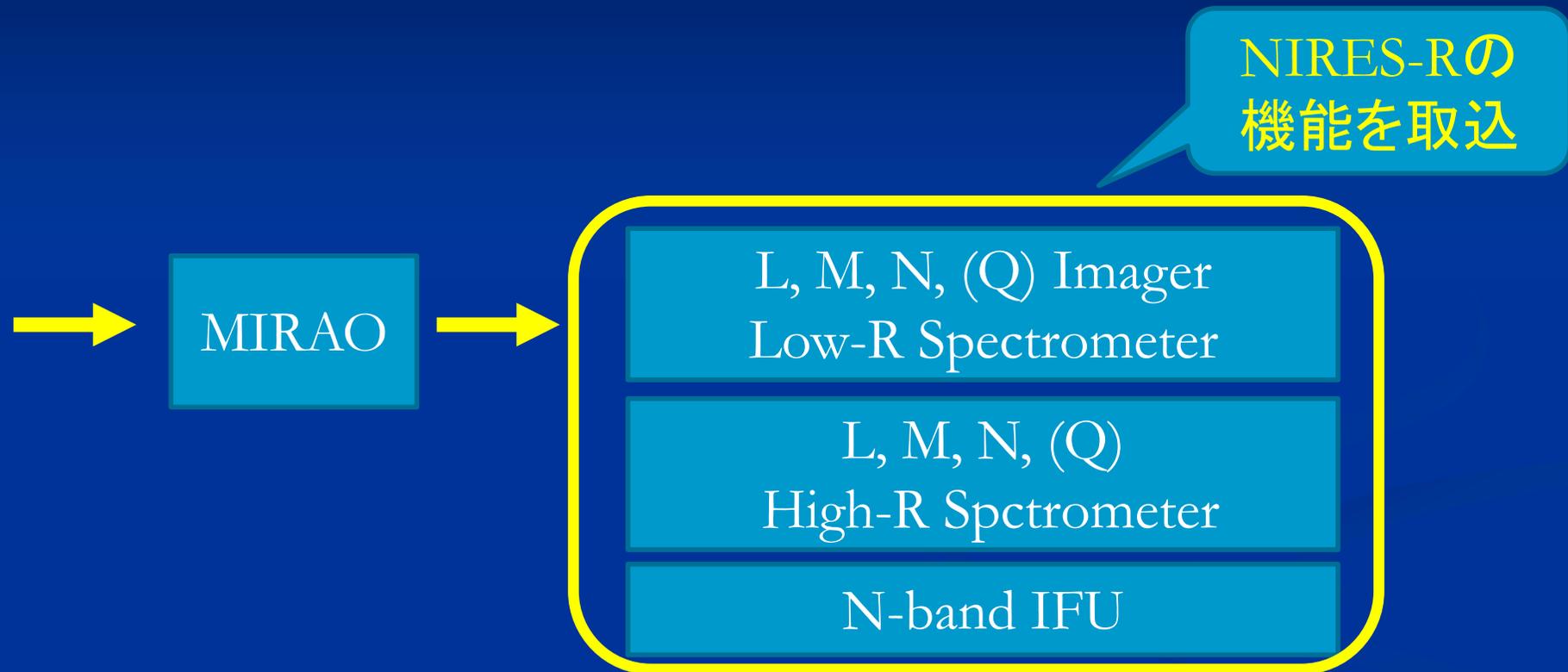
(Red) MICHI concept (これまで)



MICHI

- 1期装置AO NFIRAOS は $\sim 2.5\mu\text{m}$ までカバー
- $2.5\mu\text{m}$ ～(熱赤外)は独自にAOを用意する必要性
→ であれば L, M も取込むのが合理的

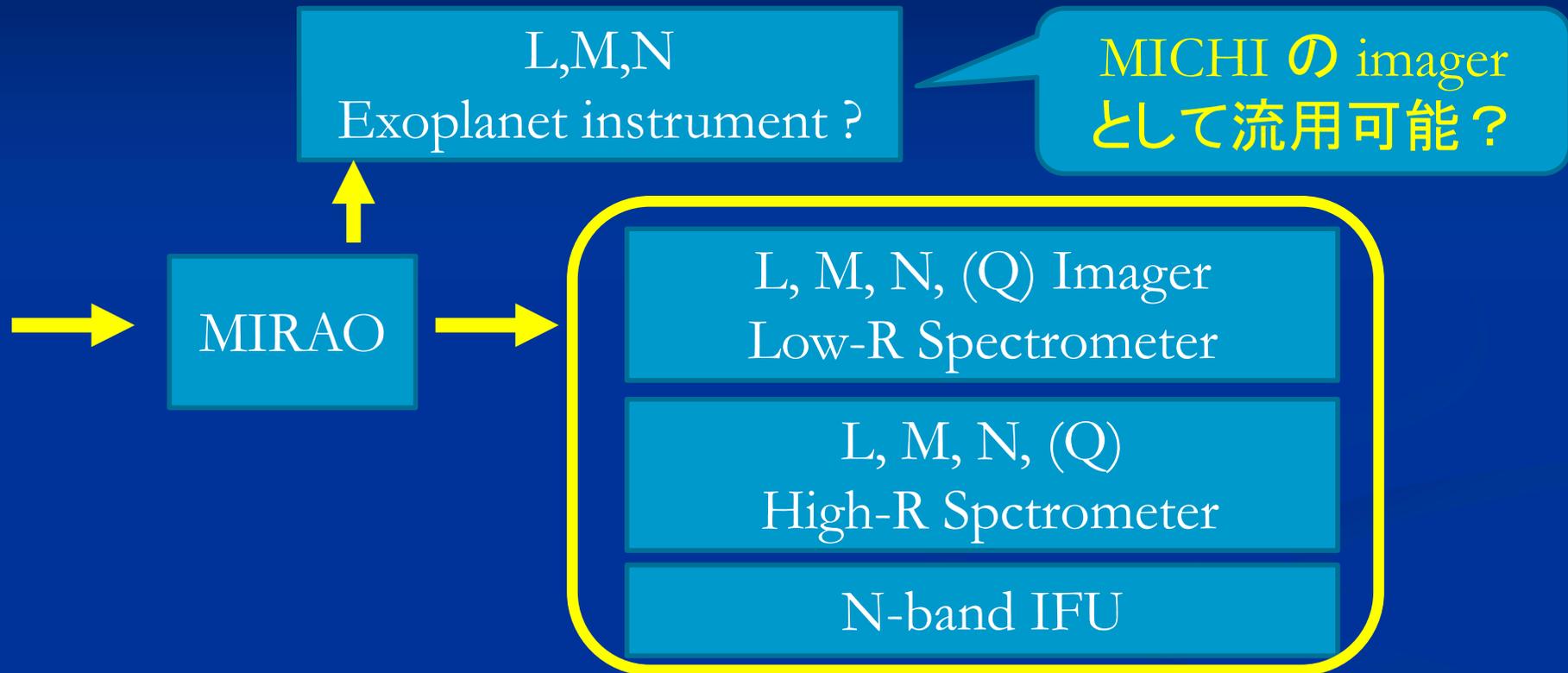
Blue MICHI concept (検討中)



Blue MICHI

- 1期装置AO NFIRAOS は $\sim 2.5\mu\text{m}$ までカバー
- $2.5\mu\text{m}$ ~(熱赤外)は独自にAOを用意する必要性
→ であれば L, M も取込むのが合理的

Blue MICHI concept (検討中)



Blue MICHI

- 1期装置AO NFIRAOS は $\sim 2.5\mu\text{m}$ までカバー
- $2.5\mu\text{m}$ ~(熱赤外)は独自にAOを用意する必要性
→ であれば L, M も取込むのが合理的

まとめ

- TMTの第2期装置として、中間赤外装置MICH Iを提案中
 - N, Q 撮像・低分散分光・高分散分光がベース
 - L, M を取り込んだ blue MICH I concept を検討中
- 要素技術開発として以下を進めている
 - MIRA O NaLGS 昼間波面測定 (Chun, 早野)
 - 冷却chopper (本田・宮田・上塚・高橋)
 - IFU (左近・岡本・片坐)
 - 検出器 (酒向・宮田・MIMIZUKU team)
- 今後は国際協力(インド・カナダ・中国)を進め、サイエンス・装置コンセプトを確定し、第2期装置公募に備える予定