

# ISLE/中低分散分光を用いた 近傍M型星の金属量算出

## Outline

Introduction1 : 金属量と系外惑星

Introduction2 : M型星の金属量

Observation with ISLE

Method and Analysis

Results

Discussion

Summary and Future work

水木敏幸(東北大D1), 山田亨(東北大), 柳澤顕史(NAOJ/OAO)

14.08.11-12 岡山UM@三鷹

# INTRODUCTION1A ガス惑星検出と金属量

- ガス惑星は金属量が豊富な恒星で形成され易い

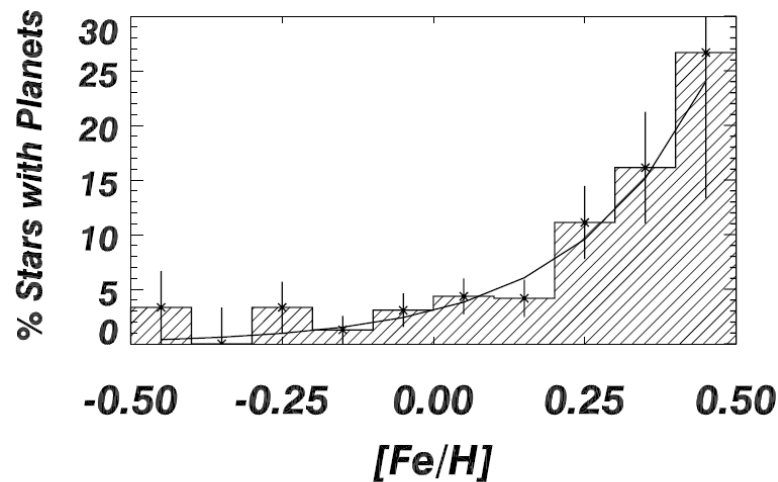
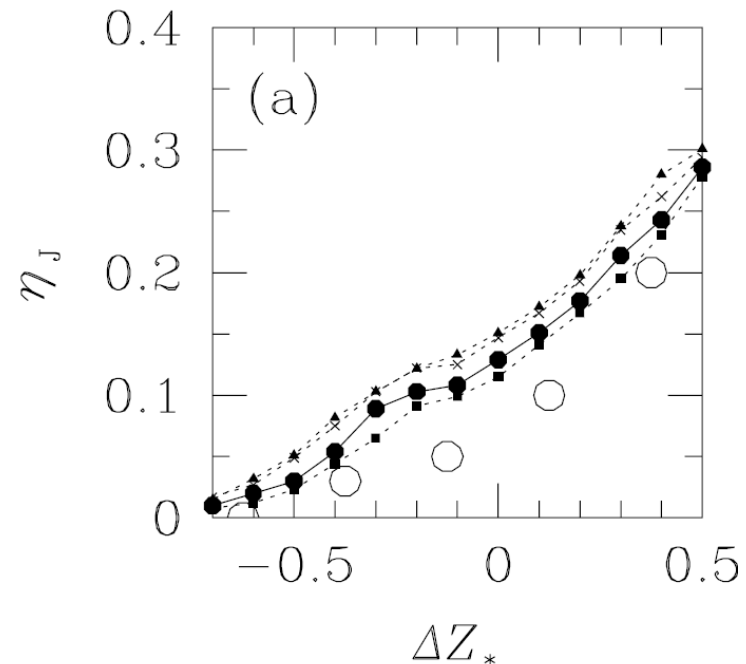


FIG. 5.—Same results as Fig. 4, but divided into 0.1 dex metallicity bins. The increasing trend in the fraction of stars with planets as a function of metallicity is well fitted with a power law, yielding the probability that an FGK-type star has a gas giant planet:  $\mathcal{P}(\text{planet}) = 0.03[(N_{\text{Fe}}/N_{\text{H}})/(N_{\text{Fe}}/N_{\text{H}})_{\odot}]^{2.0}$ .

Fisher&Valenti (2005)



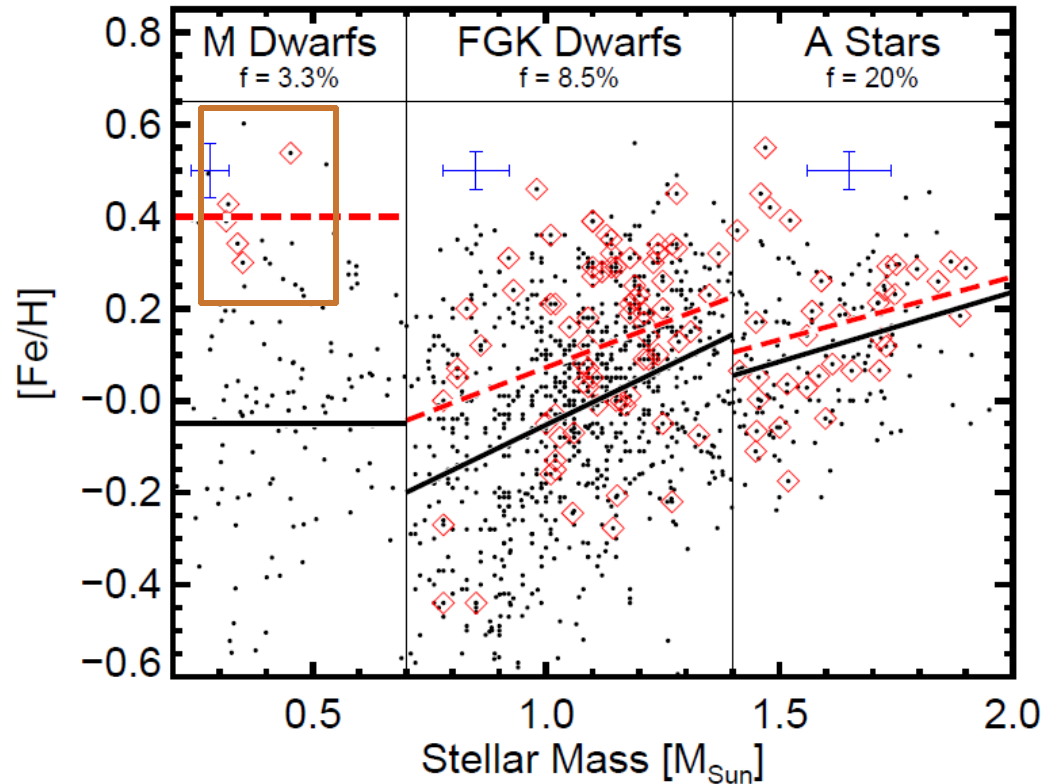
Ida&Lin (2004b)

->ダストの衝突合体による惑星形成:コア降着モデルの示唆

# INTRODUCTION 1B M型星惑星探査と金属量

- 観測: M型星では巨大ガス惑星は検出され難い
- 理論: 原始惑星系円盤自体が低質量なM型星では巨大ガス惑星は形成されにくい

- $>0.3 M_{\text{sun}}$
- $>0.2-0.3 [\text{Fe}/\text{H}]$
- で巨大ガス惑星は検出
  
- M型星でガス惑星が形成される条件を探ることにより
  
- コア降着モデルへの制限
  - 円盤質量
  - 臨界質量
  - ガス散逸時間
  - Etc...

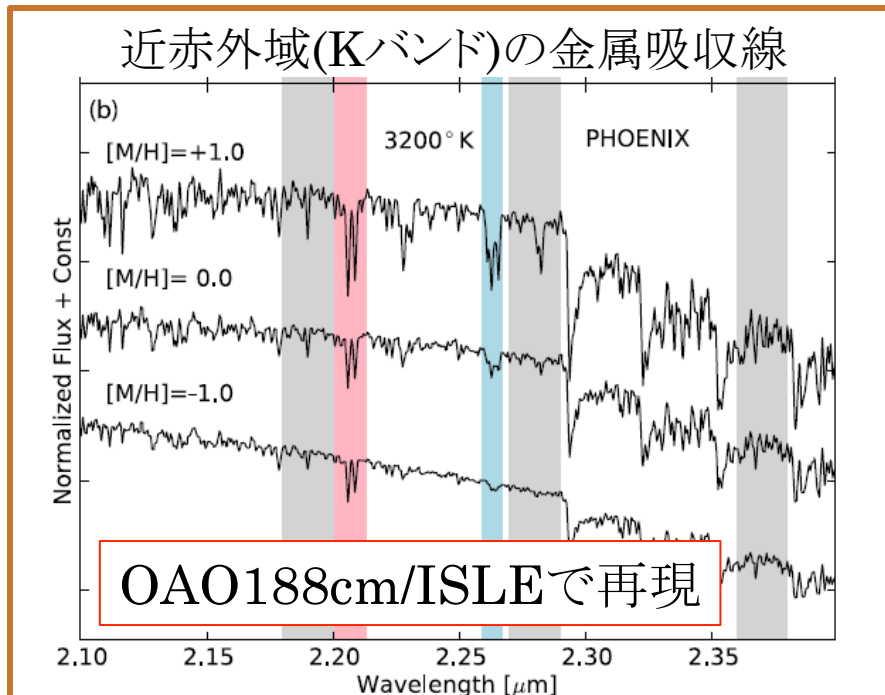


Johnson et al. 2010

- M型星で系外惑星探査を行うには“M型星の金属量”が重要

# INTRODUCTION2 M型星の金属量

- M型星の金属量は大気モデルで求められていない(H<sub>2</sub>O吸収帯, 吸収線強度)
- M型companionがFGK型primaryと同じ金属量を持つと仮定
- 近赤外金属吸収線強度から経験則的に算出  $\sigma_{[Fe/H]}=0.10-0.15 \text{ dex}$



Rojas-Ayala et al. 2010

M型星金属量を用いた先行研究

Neves12,13 : (~110Md, 視線速度)

Newton13 : (~450Md, トランジット)

Montet14 : (~110Md, 視線速度+DI)

motivation

直接撮像のための  
金属量によるサンプル作り

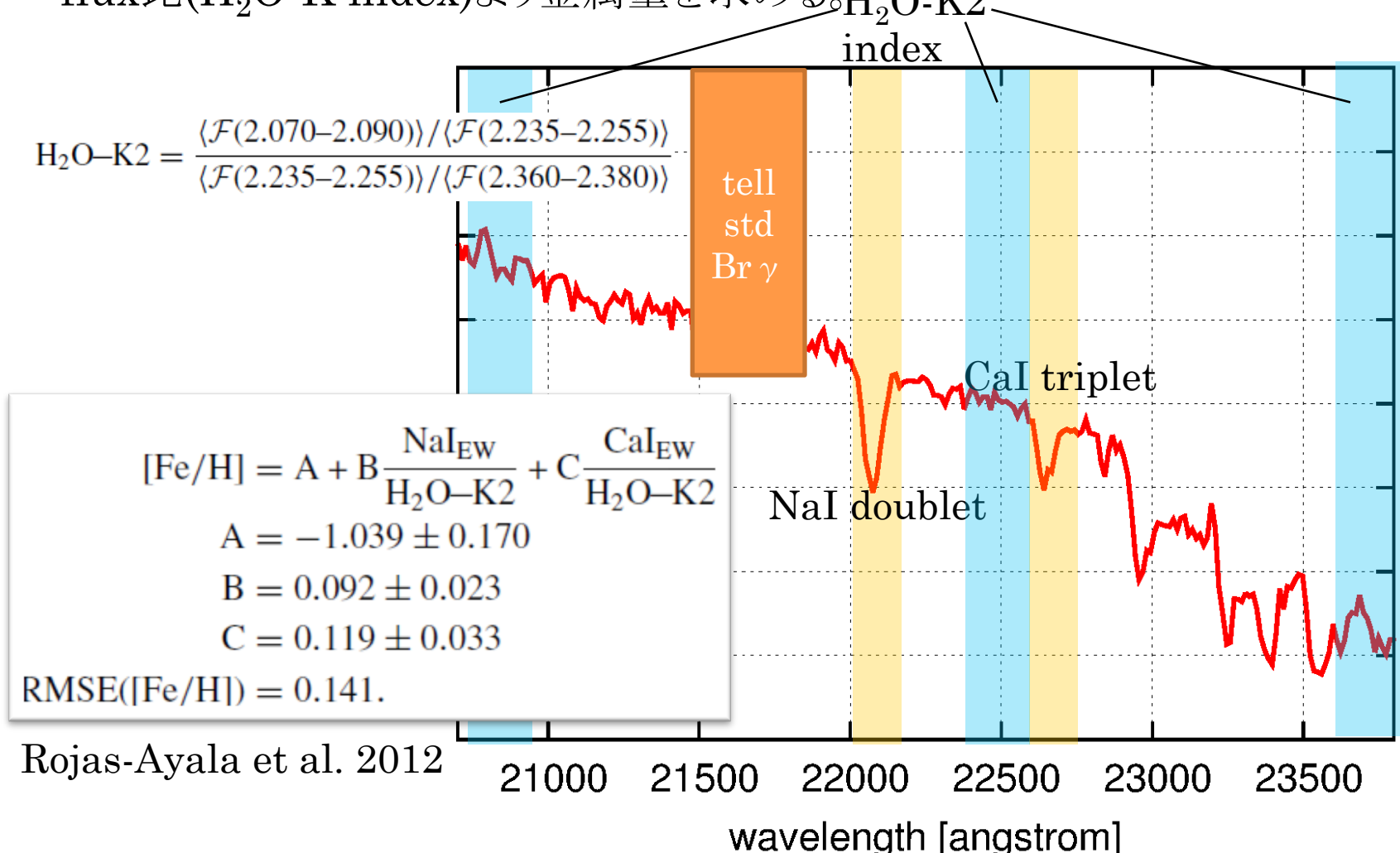
近く(5-10 pc)、若い(~100Myr)M型星  
をターゲットとした場合には10AU以内  
で $<1M_{\text{jup}}$ の巨大ガス惑星の検出が期  
待できる。

# OBSERVATION

- Purpose: M型星金属量の算出による、  
(直接撮像)系外惑星探査のためのM型星サンプルの拡大
- Sample: Rojas-Ayala et al. 2012にて金属量が既に算出されている  
15pc以内の比較的明るいM型星(M0-5,  $m_K=4-8$ )
- Observation: 各天体にSN400-500/pixを要求
  - 2014.01.17 中分散重視(半夜晴れ時々曇り、半夜雪)
  - 2014.01.18 低分散重視(半夜晴れ時々曇り、半夜雪)
  - **2014.05.23 低分散重視(観測所時間、晴れ) 14 M型星**
  - 2014.05.24-25(悪天候、曇り)
- 中分散( $R\sim 2000$ )によるRojas-ayala法( $R\sim 2700$ )の再現
  - フリンジ、必要積分時間により困難
- 低分散( $R\sim 450$ )によるRojas-ayala法の再現
  - -> resultへ

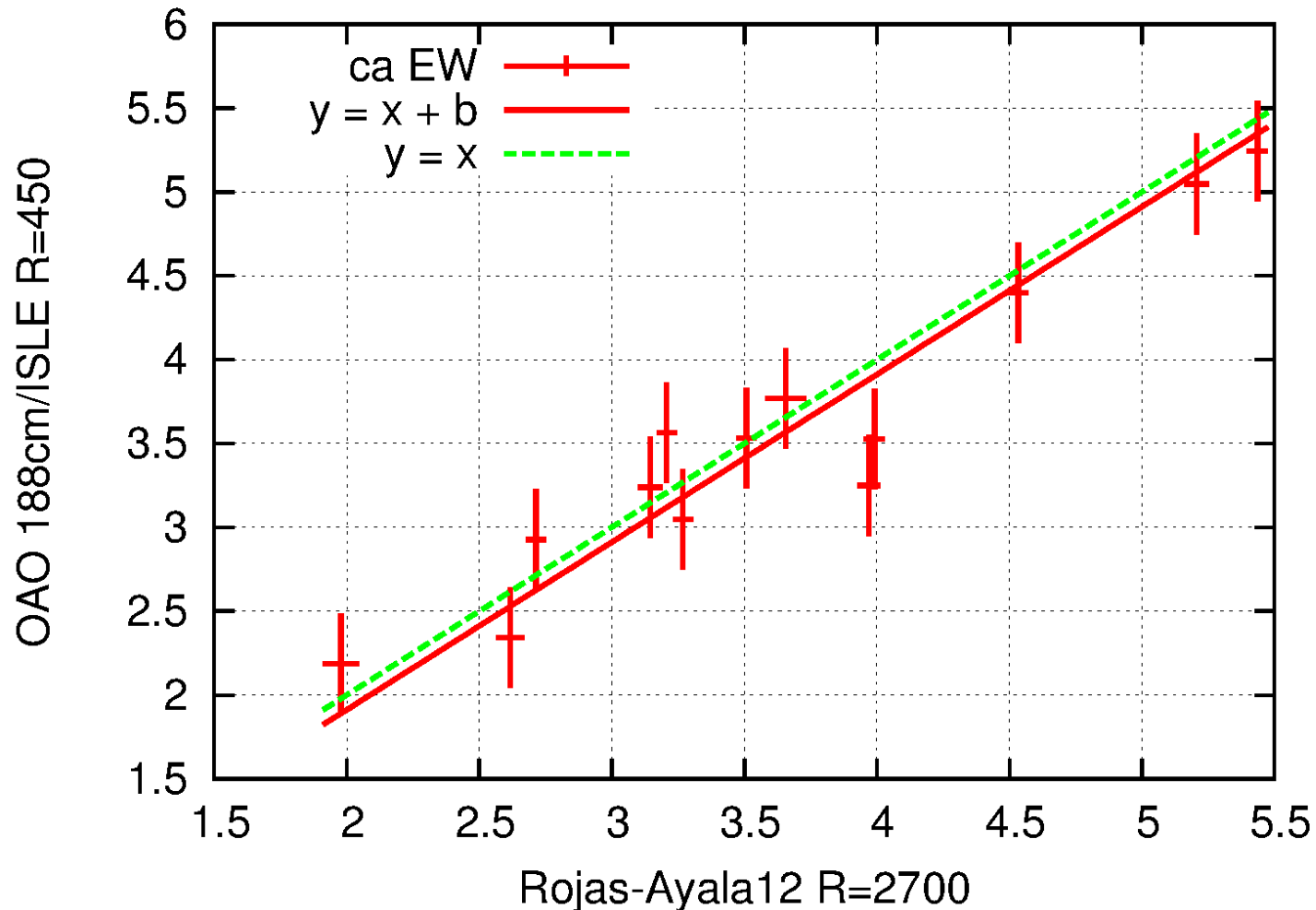
# METHOD & ANALYSIS

- Na, Ca各吸収線の等価幅とM型星の温度と相関がある図中水色の部分の flux比(H<sub>2</sub>O-K index)より金属量を求める。



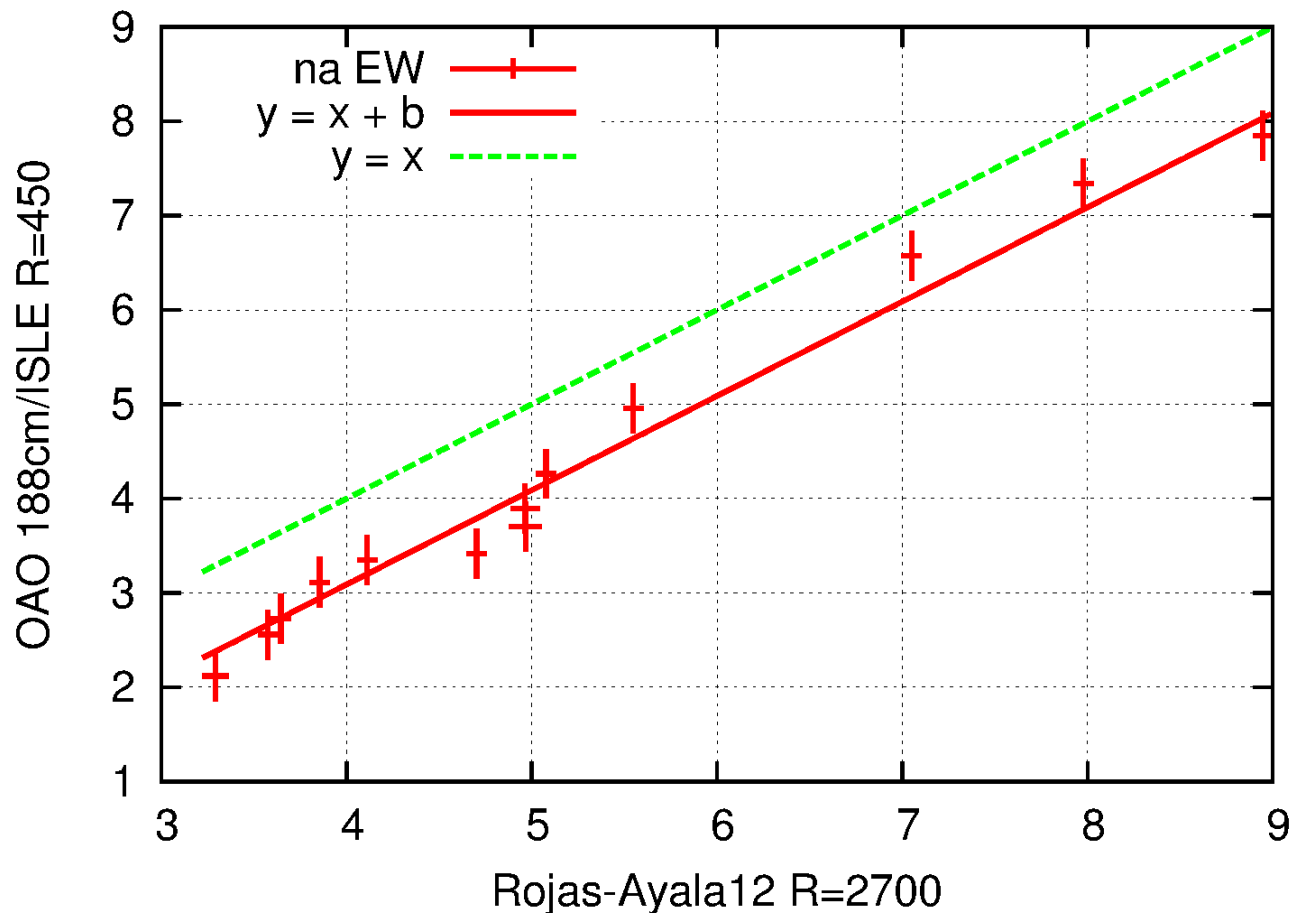
## RESULT 先行研究との相関: CAI等価幅 (2.264UM)

- 吸収線の測定幅を先行研究より $\sim\pm 12\text{\AA}$ (1pix)広げて測定,  $\sigma = 0.30\text{\AA}$



## RESULT 先行研究との相関: NAI等価幅 (2.207 $\mu$ m)

- 波長分解能の差+大気標準星固有の吸収を取り除くことができない
- >系統的に-0.91 $\text{\AA}$ 程度低く見積もっている,  $\sigma = 0.26\text{\AA}$

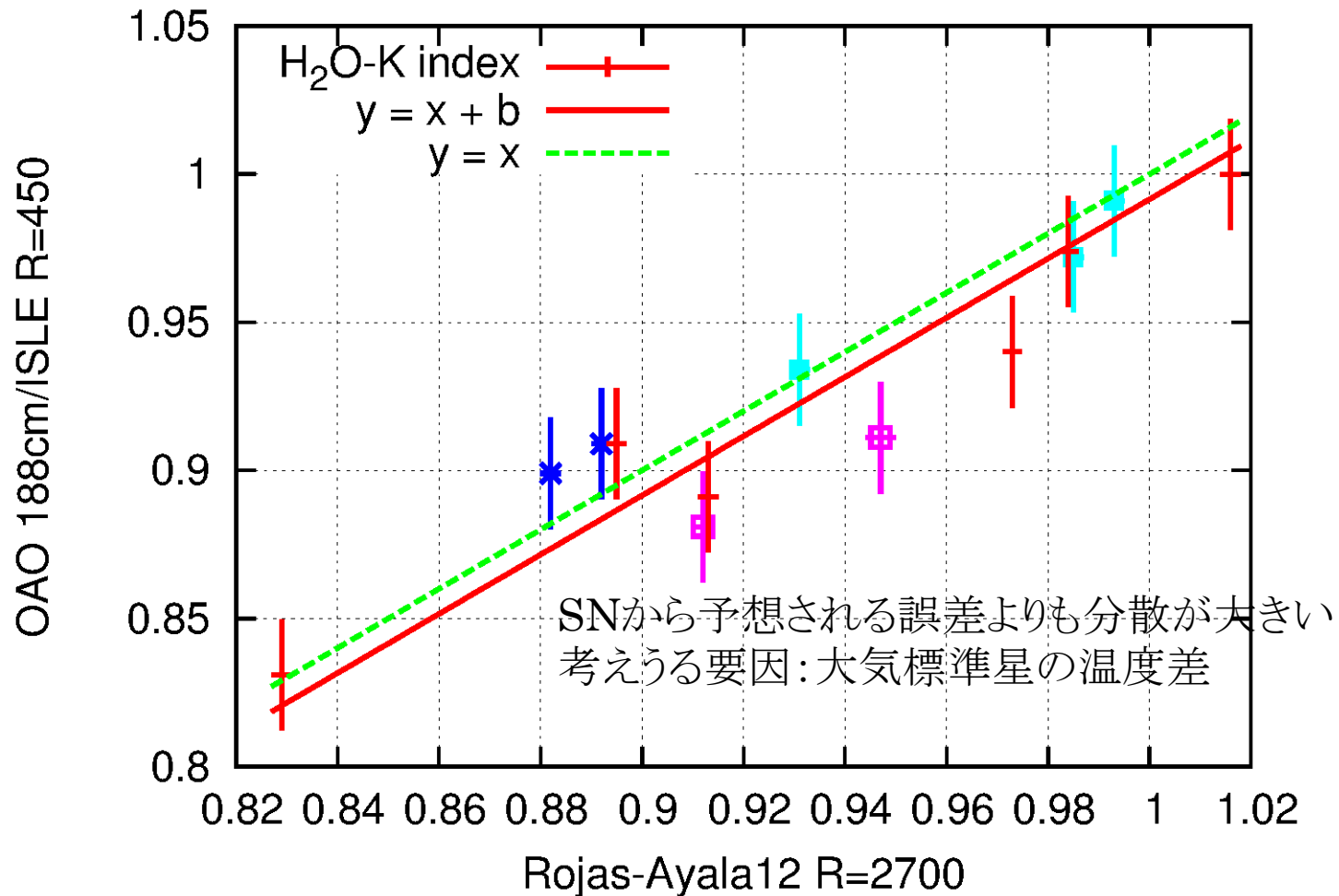




# RESULT 先行研究との相関: H2O-K INDEX

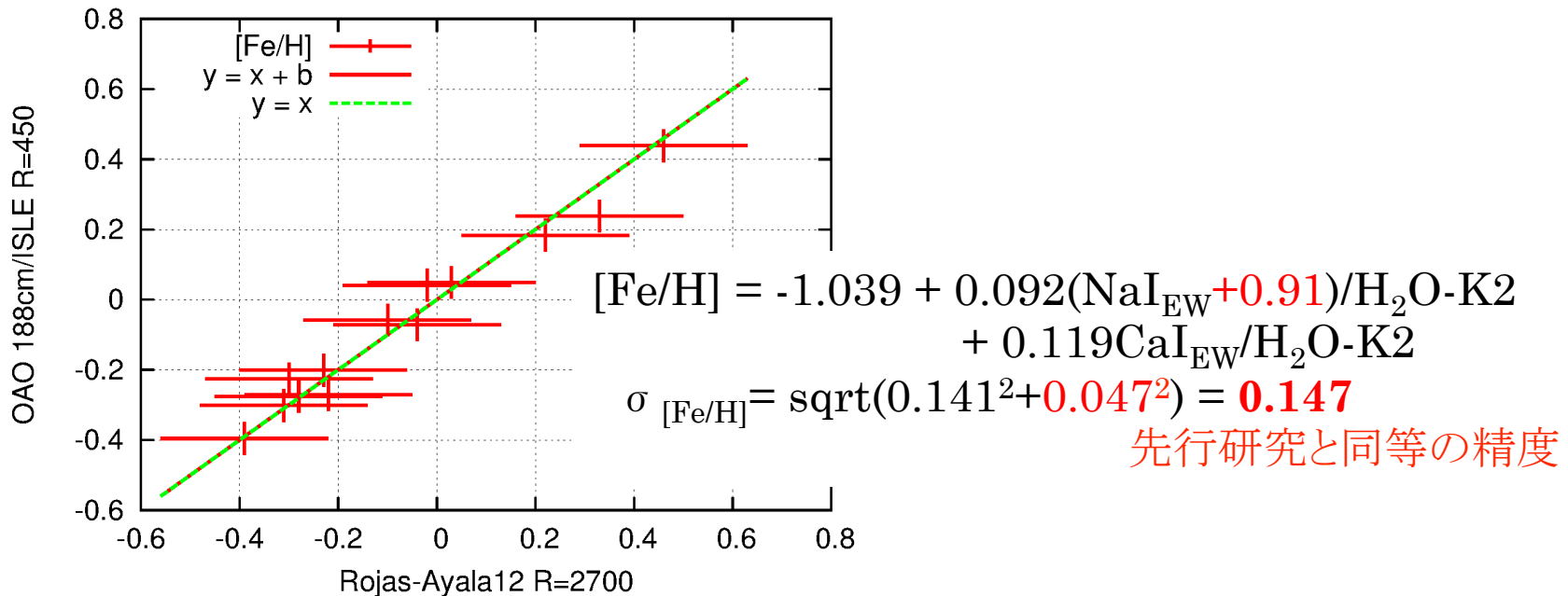
2.07-2.09, 2.235-2.255, 2.36-2.38 [UM]

- H2O-K index,  $\sigma = 0.019$



# RESULT & DISCUSSION

- 各パラメータが先行研究と相関することが確認できた。
- 改善策: SNの向上は共通(必須ではない)
  - NaEW: 系統的な誤差 → 低分散では大気標準星における吸収が見えないため、金属量算出式にバイアスをかける
  - H<sub>2</sub>O: 大気標準星の温度差が原因 → 観測時には共通の大気標準星を使う?



# SUMMARY & FUTURE WORK

- Purpose : M型星金属量の算出による、  
(直接撮像)系外惑星探査のためのM型星サンプルの拡大
- Observation : OAO188cm/ISLEを用いたM型星の低(中)分散分光(K)
- Rojas-Ayala et al. 2012の再現は
  - ISLE/中分散では観測効率的に高SN $\sim$ 400-500/pixを取得することは困難、  
暗い( $m_K \sim 8$ mag)天体だと一晩に2-3天体が上限
  - ISLE/低分散では[Fe/H]=-0.4程度の低金属量M型星でも必要な吸収線は見える。
  - $\sigma_{[\text{Fe}/\text{H}]}=0.15$ で算出は可能、一晩あたり最大15天体可能 ( $m_K=8-9$ mag)
- Future Work
  - CalibrationのためにFGK型primaryを持つM型星の金属量算出
  - 系外惑星探査サンプルとなり得るM型星の金属量算出
  - 直接撮像:若く( $\sim 50$ Myr)、近傍( $< 15$ pc)、明るい( $m_K < 8-9$ mag)  
Shkolnik et al. 2009, etc... “40-50天体”