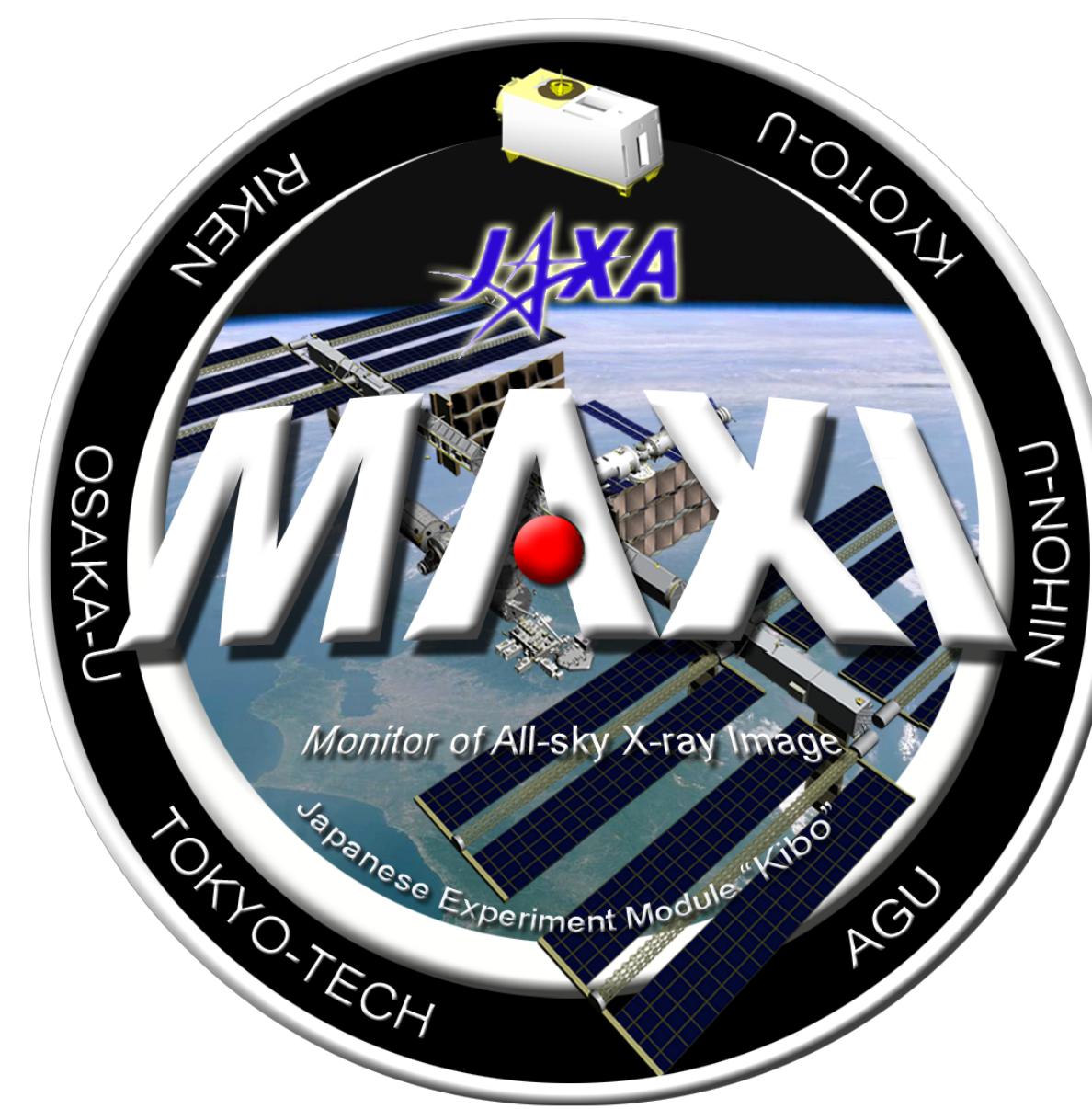


MAXI による 継続時間の長いX線バーストの観測

芹野素子、岩切渉、玉川徹、坂本貴紀、中平聡志、松岡勝、山岡和貴
motoko@crab.riken.jp



国際宇宙ステーションに搭載された全天X線監視装置(Monitor of All-sky X-ray Image : MAXI)は、2009年の観測開始からこれまでに、数百イベントものX線バーストを観測している。このうち、約90分離れた2回以上のスキャンにわたって観測された、**継続時間の長いものが10回**ある。このような継続時間の長いものは"スーパーバースト"と呼ばれており、放射されるエネルギーは 10^{42} ergにもなる。スーパーバーストは過去の衛星のデータと合わせても未だ**25例ほどしか知られておらず**、燃料の組成や点火の条件等は謎のままである。MAXIの観測によって、これまでとは**異なる条件で発生**するスーパーバーストがあることがわかってきており、今後の理論的研究のヒントとなることが期待される。

1. Introduction ~MAXI以前の「常識」~

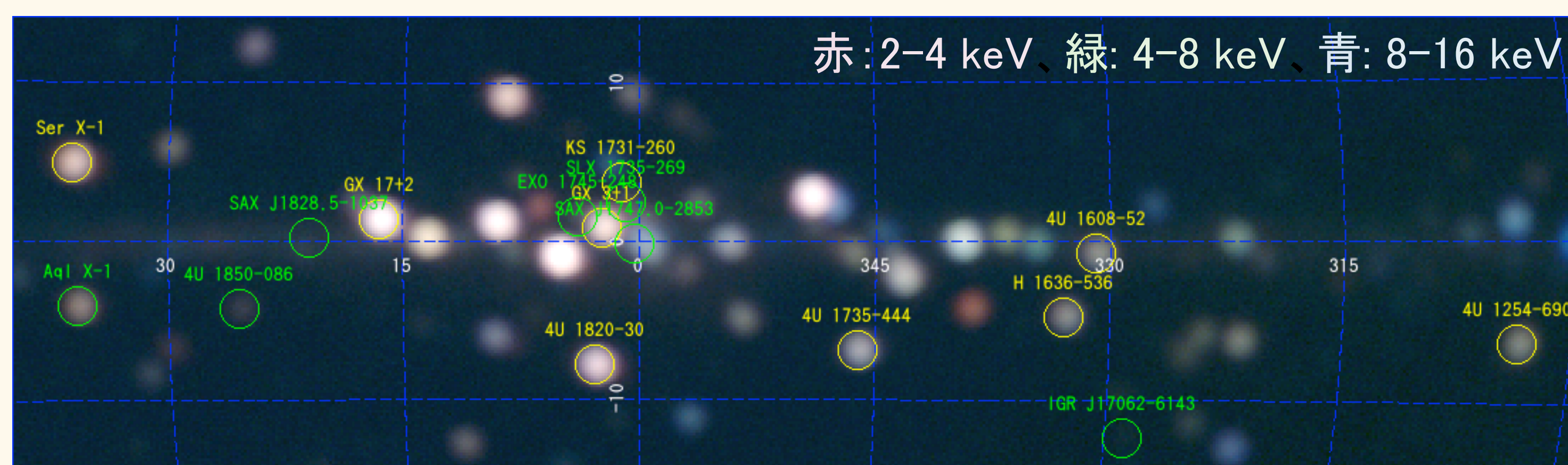


図1: MAXI/GSCによる銀河面付近の疑似カラーマップ。青のグリッドおよび白の数字は銀経、銀緯(度)。スーパーバーストを起こしたことがある天体(候補を含む)に丸印をつけてある。MAXI以前にスーパーバーストが観測された天体を黄色で、MAXIで新たにスーパーバーストが観測された天体を緑で示した。黄色の印のついた天体は明るく見えているものが多いが、緑で示した天体は暗いものも多く対照的である。(4U 0614+091もスーパーバーストが観測された天体だが、図の範囲外にある)

X線バーストとは中性子星に降り積もったガスが爆発的に核燃焼することで、X線で明るく輝く現象である。通常は数秒から長くても数百秒程度の継続時間であるが、まれに30分から1時間を超えるような長いものがある。このような長いX線バーストはスーパーバースト(Superburst)と呼ばれ、2000年頃から注目されるようになって来た。

図1はMAXI/GSCによる銀河面付近のマップであり、スーパーバーストを起こした天体に印がつけてある。MAXI以前を黄色、MAXIで発見されたものを緑と色分けした。MAXI以前のスーパーバースト天体はKS 1731-260を除き明るい(KS 1731-260もスーパーバーストを観測した当時は定常的に明るかった)。このことから、MAXI以前は、定常的に明るいことがスーパーバーストを起こすための条件だと考えられていた。Strohmayer (2002) やCumming et al. (2001) ではスーパーバーストを炭素の点火によるものだと解釈しており、後者では質量降着率が Eddington 限界の10%より大きいときに点火できるとしている。これよりも小さい降着率では、炭素は安定に燃えてしまい、爆発的な核燃焼を引き起こすのは難しいと考えられている。

2. Observation ~MAXIの発見~

MAXIの観測によって、スーパーバーストは定常放射が暗い天体でも発生することが分かってきた。また、アウトバーストと静穏期とを繰り返すトランジェント天体からのスーパーバーストも多くとらえている。以下に例を示す。

2.1. 静穏期からのスーパーバースト

~ EXO 1745-248 & SAX J1828.5-1037 ~

MAXI以前にもトランジェント天体でのスーパーバーストの観測例はあった(4U 1608-52; Keek et al. 2008)が、スーパーバーストはアウトバースト中に発生していた。一方MAXIにより観測されたEXO 1745-248 や SAX J1828.5-1037 のスーパーバーストの場合、バースト前にアウトバーストの兆候は確認されておらず、定常放射が暗い状態で突然スーパーバーストが発生したと考えられる。このような例はMAXI以前にはなかった。

2.2. 短い(通常の)バーストはアウトバースト中、 長いバーストは静穏期 ~ 4U 1850-086 ~

4U 1850-086 のアウトバーストとX線バーストの継続時間の関係を調べたところ、短いバーストと長いバーストの発生する時期が異なる可能性があることがわかった。図2に定常放射の強度と、X線バーストの発生時刻を示した。これから、短いバースト(緑)は定常放射の明るい時期に、長いバースト(水色)は暗い時期に発生する傾向が見てとれる。

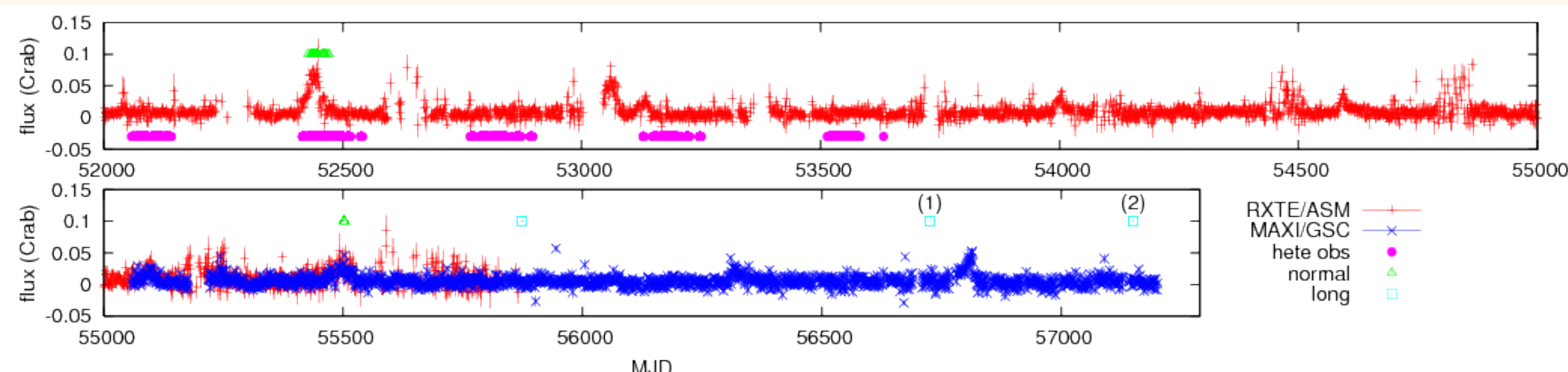


図2: RXTE/ASM(赤)とMAXI/GSC(青)によってモニタされた4U 1850-086の定常放射の強度とX線バーストの発生時刻。緑は短いバースト、水色が長いバーストに対応する。

2.3. 放射エネルギーが一定

~ peak luminosity vs. duration ~

MAXIの観測以前から、スーパーバーストの放射エネルギーは 10^{42} erg程度になることが知られていた。図3はMAXIが観測した長いバーストの明るさと継続時間の関係を示したもので、明るいものは短く、暗いものは長く続く傾向が見てとれる。このふたつの量の積は放射エネルギーである。明るさや継続時間に1桁以上のばらつきがあるにもかかわらず、放射エネルギーが一定になるのは、このような傾向があるからである。

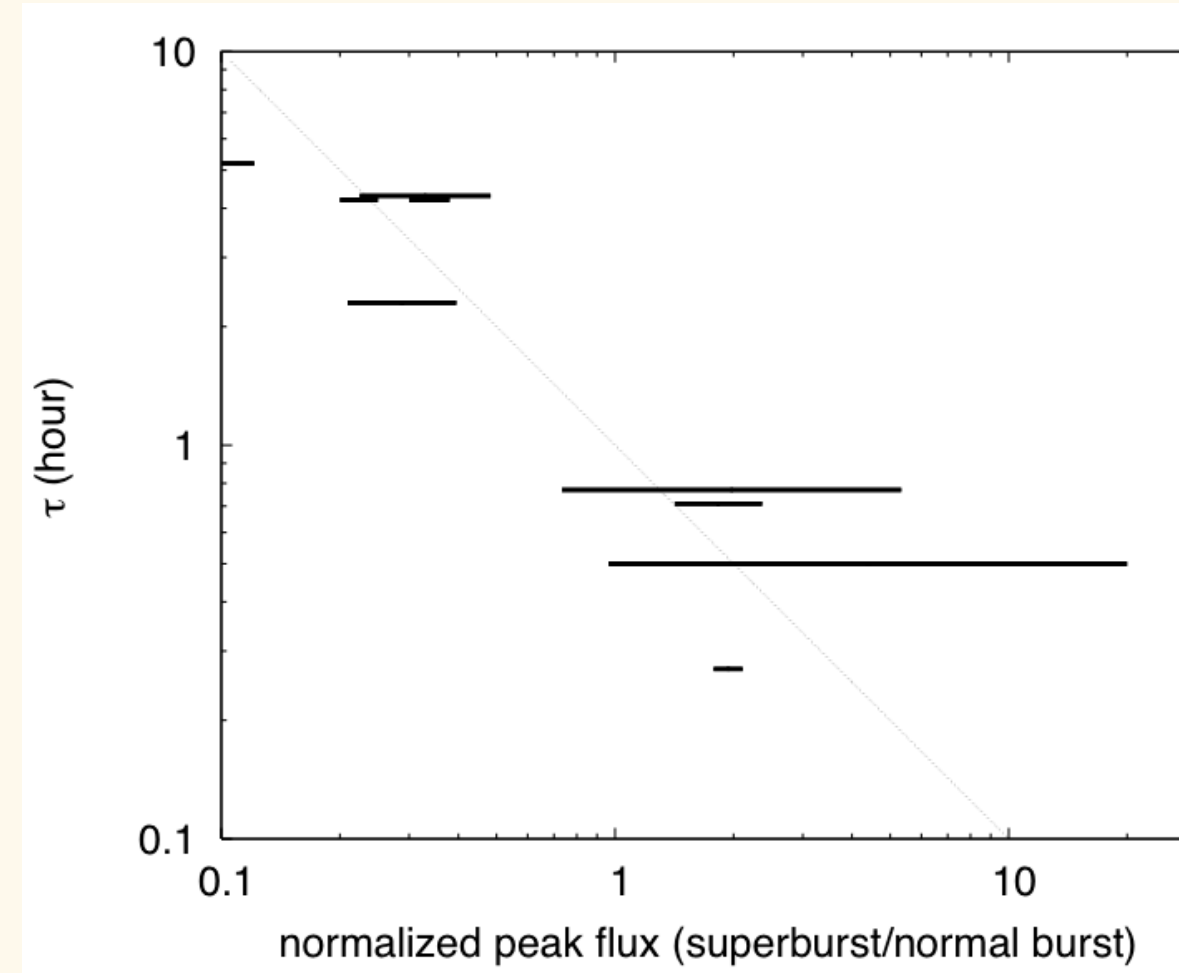


図3: MAXIが観測した長いX線バーストのピークの明るさ(横軸)と継続時間(縦軸)の散布図。明るいものほど継続時間が短い傾向がある。

3. Summary

MAXIの観測により、継続時間の長いX線バーストは、定常放射の明るい天体からだけでなく、暗い天体、暗い時期でも発生することがわかった。また、明るいものほど継続時間は短いため、放射エネルギーは一定になる傾向がある。これらの結果はこれまでの理論では説明が難しく、新しい考え方が必要であることを示唆している。MAXIの観測が新たな理論を考えるヒントになると期待している。

参考文献

Cumming, A., & Bildsten, L. 2001, ApJL, **559**, L127
Strohmayer, T.E., & Brown, E.F. 2002, ApJ, **566**, 1045
Keek, L., in't Zand, J.J.M., Kuulkers, E., et al. 2008, A&A, **479**, 177