

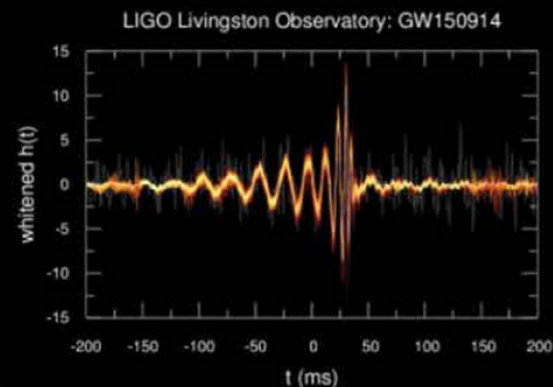
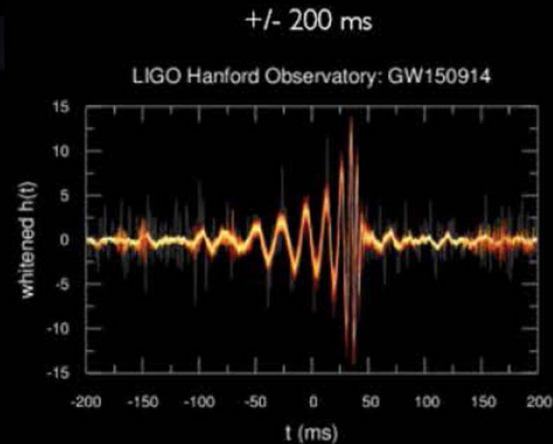
## 愛因斯坦的最後預言

愛因斯坦於一百年前發表的廣義相對論，預測了宇宙膨脹、黑洞、以至重力波的存在。相對論是至今自然科學最成功理論之一：從水星軌道進動以至光線經過太陽附近的扭曲，廣義相對論通過了至今所有實驗測試。

根據愛因斯坦，重力波由加速的物質產生，是時空的“漣漪”，以光速傳播並且把其經過的時空交錯地拉開及壓縮。幾十年來，科學家不斷嘗試測量這些時空漣漪，以驗證廣義相對論的最後預測。

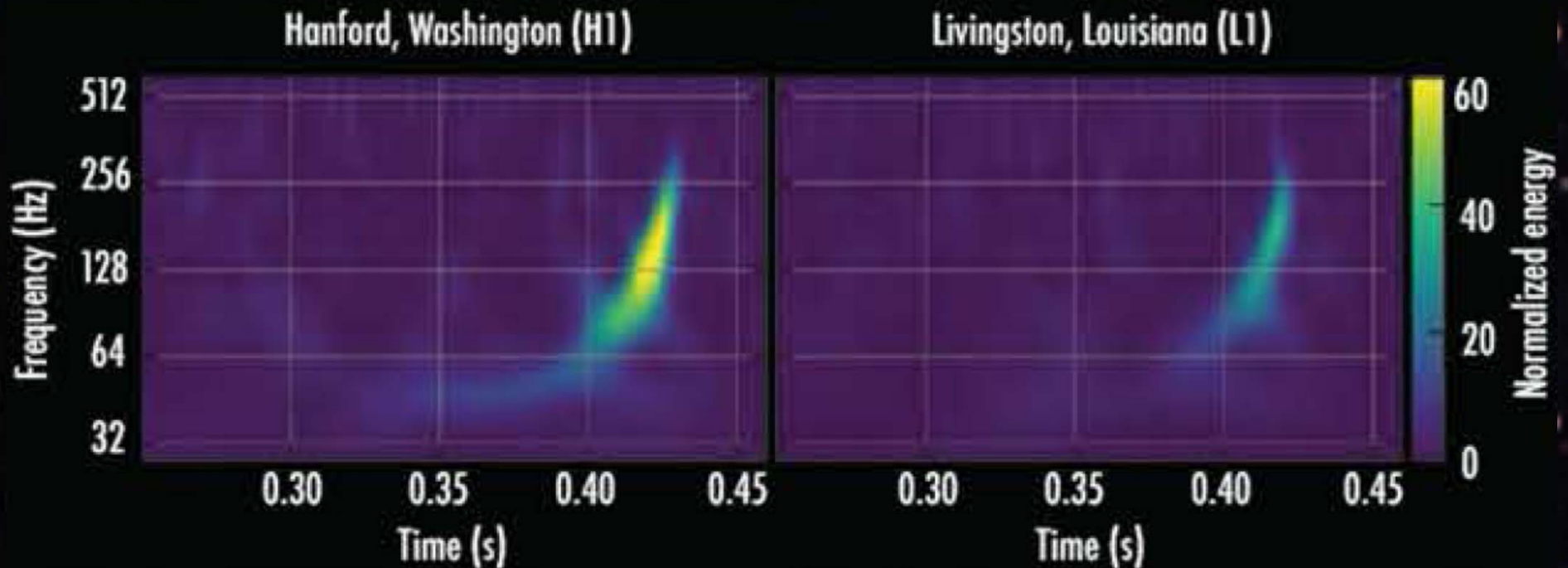
不作波源性質任何假設的  
GW150914重力  
波波形重塑

(credit: N. Cornish, J. Kanner,  
T. Littenberg, M. Millhouse)

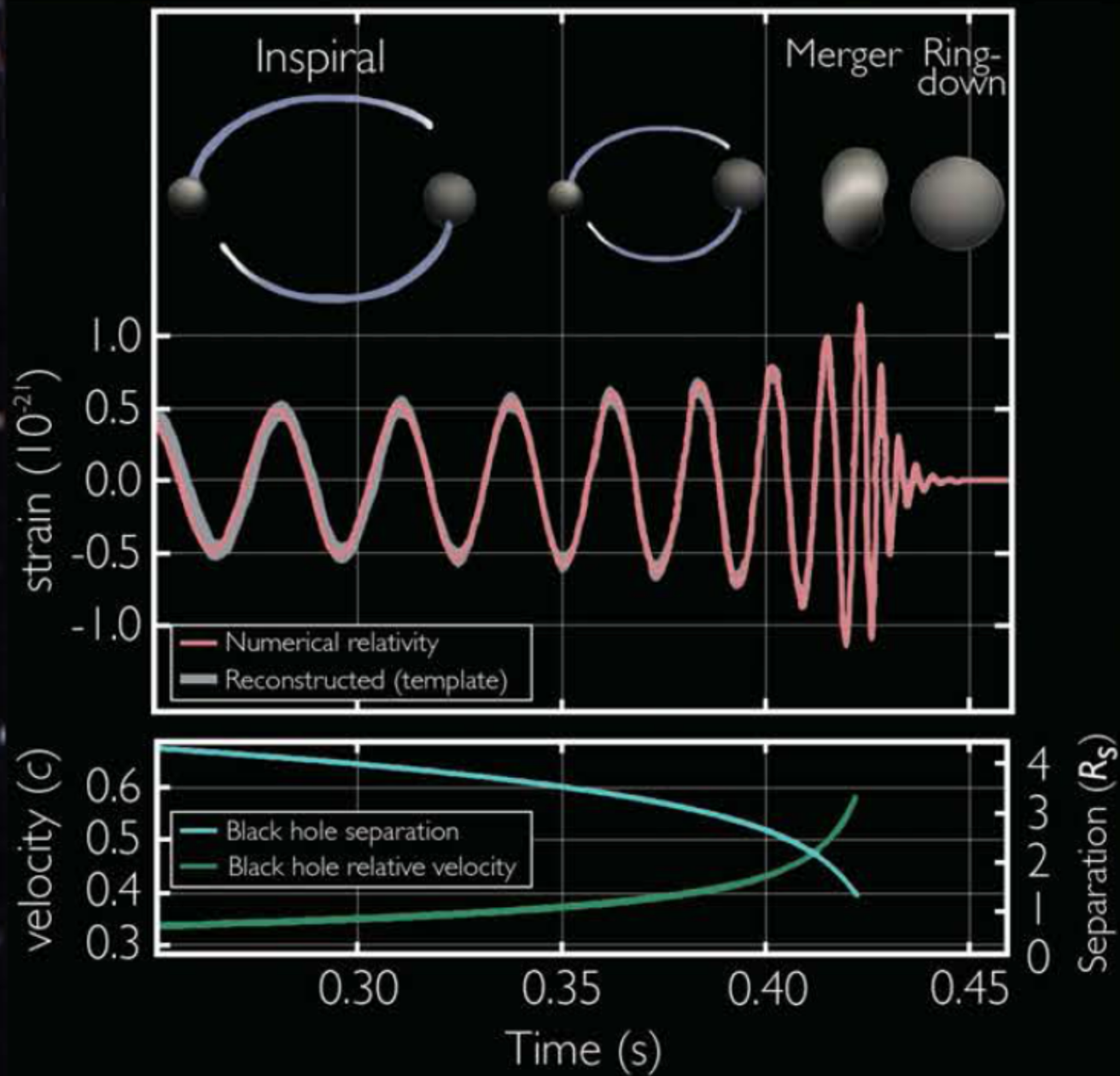


## GW150914是甚麼？

香港時間2015年9月14日下午5時50分，LIGO探測器感應到重力波的通過。科學家把這個事件稱為GW150914。重力波首先到達路易斯安那州利文斯頓，七微秒後亦在華盛頓州漢福德被偵測。在短於半秒內，重力波把其經過的時空交錯地拉開及壓縮，模式符合兩個黑洞併合的預期。它到達之後三分鐘內，已被LIGO的搜尋作業偵測到。



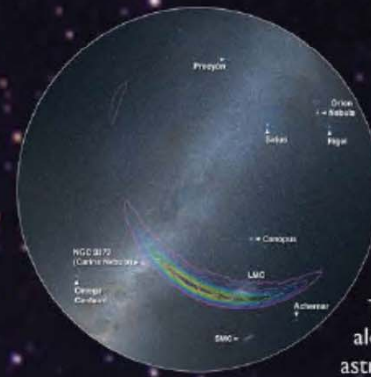
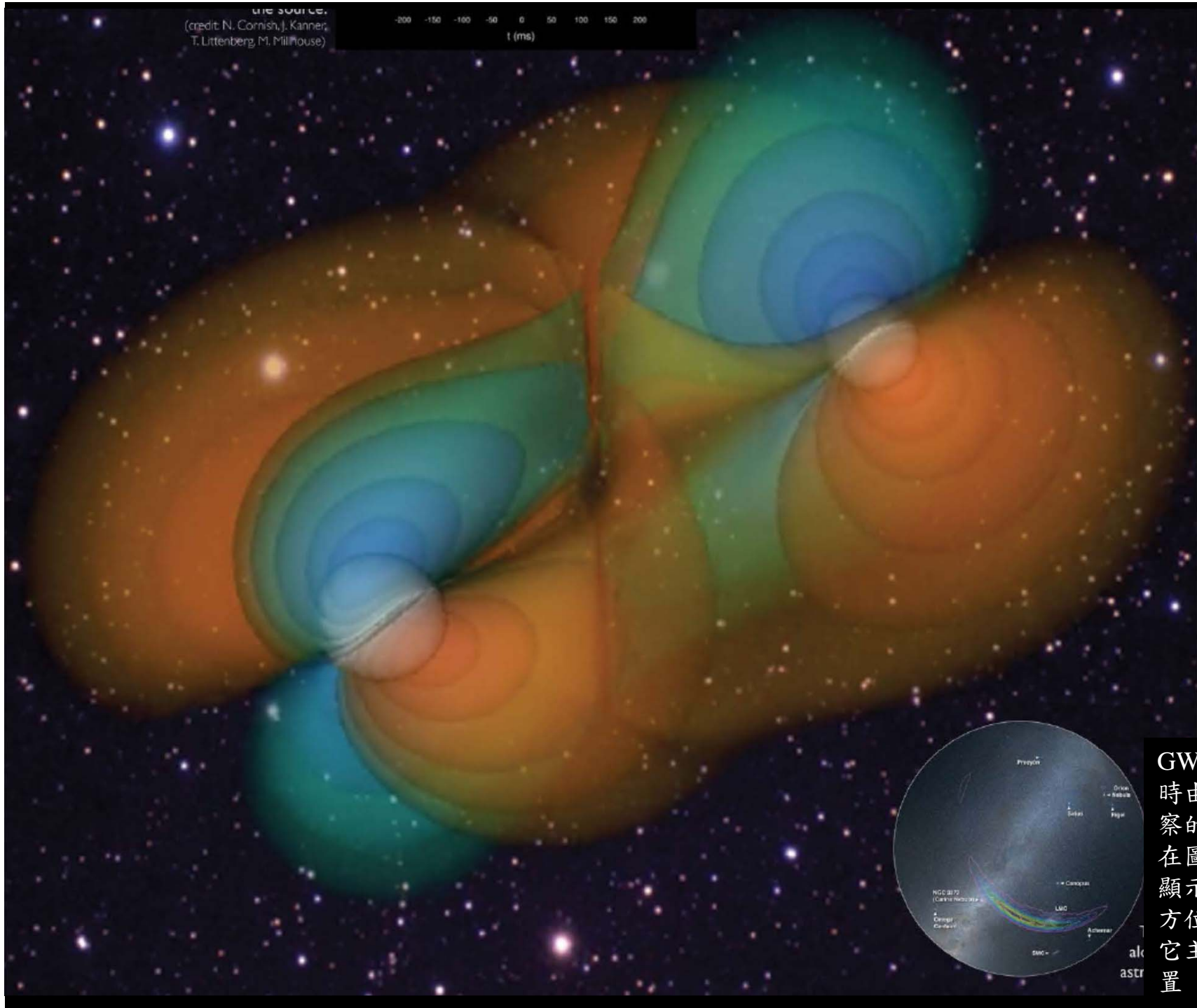
GW150914產生的探測器張力時間-頻率圖。GW150914的頻率於0.2秒內由35 Hz急速增加至150 Hz。



假設GW150914為雙黑洞旋進、合併、及衰蕩階段產生的波形重塑。結果與廣義相對論的數字計算有極佳吻合。

the source.  
(credit: N. Cornish, J. Kanner,  
T. Littenberg, M. Millhouse)

-200 -150 -100 -50 0 50 100 150 200  
t (ms)



GW150914發生  
時由南大西洋觀  
察的星空。北方  
在圖上方。圖中  
顯示訊號可能的  
方位、銀河及其  
它主要星體的位  
置

# 從GW150914我們學到甚麼？

這是人類首次測量到經過地球的重力波，是始於愛因斯坦一百年前預言的世紀長征，亦標誌著天文學的新時代。訊號的形狀告訴了科學家其災變性事件源頭的大量資料。以下是其中一些重點：

重力波的頻率及波幅增大，乃兩個各為36及29倍太陽質量的黑洞旋進時放射重力波的標誌。

GW150914是首個證明雙黑洞於宇宙大爆炸至今可形成並併合的證據。在可觀測宇宙內這些併合應該平均每15分鐘便發生一次，但大部份因太遙遠而不被高級LIGO測量到。

兩個黑洞以符合廣義相對論預測的模式併合，成為一個旋轉的、62倍太陽質量的黑洞。

併合前後的黑洞總質量不同，顯示於幾份之一秒內有3倍太陽質量轉化成重力波能量，其功率峰值是整個可見宇宙總功率的10倍以上。

兩個黑洞併合於約13億光年外。

探測到雙黑洞併合放射的重力波是愛因斯坦廣義相對論的輝煌勝利，但這只是重力波展現作為天文學新工具的潛力的開端。

GW150914的方位只能粗略估計(見下圖)。發現事件後LIGO很快便向天文學家發佈了它的可能位置，以便搜尋其電磁訊號，但雙黑洞併合應不放射電磁訊號。